



UST
FACULTAT DE CIÈNCIES
I TECNOLOGIA
UVIC-UCC

Treball de Fi de Grau

*Estudi del Brain Symmetry Index a partir de
dades d'EEG de persones sanes*

Clara Matencio Peralba

Grau en Enginyeria Biomèdica

Tutor: Jordi Solé Casals

Vic, Gener de 2019

RESUM TREBALL FINAL DE GRAU GRAU EN ENGINYERIA BIOMÈDICA

Títol: *Estudi del Brain Symmetry Index a partir de dades d'EEG de persones sanes.*

Paraules clau: *Brain Symmetry Index, EEG, sanes*

Autora: Clara Matencio Peralba

Tutor: Jordi Solè (UVic)

Data: Gener de 2019

En aquest *Treball de Final de Grau* es realitza un estudi del Brain Symmetry Index (BSI), desenvolupat per *Van Putten i Micheal J A M* l'any 2007, índex que indica la simetria del cervell comparant el poder espectral entre l'hemisferi dret i l'hemisferi esquerra amb dades d'electroencefalograma (EEG) en repòs. Teòricament en persones sanes, estant en repòs, la mitjana espectral dels dos hemisferis és similar i podem dir que els dos hemisferis són simètrics. Això no passa en persones amb malalties com l'ictus on el seu cervell ha estat afectat. A partir de les dades obtingudes a participants sans, la hipòtesi de partida del present *Treball de Final de Grau* és que varis factors poden afectar significativament al BSI: a major edat menor simetria, gravacions amb els ulls tancats permeten concentrar-se millor als participants i per tant que el BSI sigui més fiable i per últim processar el senyal per les freqüències alpha o beta pot afectar significativament a la hora de calcular el BSI depenent de si tenim els ulls oberts o tancats.

Així doncs, l'objectiu principal del projecte és fer un estudi del BSI, verificant la simetria en persones sanes i veient com actua en vers els diversos factors per tal de conèixer més a fons aquest paràmetre. La metodologia utilitzada per fer aquest estudi ha sigut realitzar un estudi biomèdic complet. Començant per fer una recerca sobre el BSI i l'EEG. Seguidament realitzar gravacions d'EEG en repòs (8 minuts amb ulls oberts i 8 minuts amb ulls tancats) a 32 persones, separades per 3 rangs d'edat (pròxims als 20, 40 i 60 anys) per obtenir les dades. A continuació escriure el programa per processar les dades i calcular el BSI. I finalment obtenir i discutir el resultats.

Els resultats del projecte han verificat la simetria en persones sanes, però no s'ha trobat cap significança estadística entre persones de diferents edats. Tampoc hem trobat significança estadística a realitzar les gravacions amb els ulls tancats i/o processant el senyal per les freqüències alpha o beta. Tot i això podem dir que amb ulls tancats, el BSI tendeix a tenir menys variància i es realitzen menys artefactes.

DEGREE FINAL PROJECT SUMMARY DEGREE IN BIOMEDICAL ENGINEERING

Title: Study of the Brain Symmetry Index from EEG data of healthy people.

Key words: Brain Symmetry Index, EEG, healthy

Author: Clara Matencio

Tutor: Jordi Solè (UVic)

Date: January 2019

In this *Degree Final Project*, we do a study of the Brain Symmetry Index (BSI), developed by *Van Putten Micheal J A M* in 2007, an index that indicates the symmetry of the brain comparing the spectral power between the right hemisphere and the left hemisphere with electroencephalogram (EEG) data at resting state. Theoretically, in healthy people, in resting state, the spectral mean of the two hemispheres is very similar, close to symmetrical. This doesn't happen in people with diseases such as stroke where their brain has been affected. Based on the data obtained from healthy participants, the hypothesis of this *Degree Final Project* is that several factors can significantly affect the BSI: at a higher age lower symmetry, recordings with closed eyes allow participants to concentrate better and therefore the BSI is more reliable and finally processing the signal for the alpha or beta frequencies can significantly affect the calculation of the BSI depending if we have open or closed eyes.

The main objective of the project is to carry out a BSI study, verifying the symmetry in healthy people and seeing how the various factors act to learn more about this parameter. The methodology used to carry out this study was to do a complete biomedical study. Beginning to do a search of the BSI and the EEG. Then perform recordings of EEG at resting state (8 minutes with open eyes and 8 minutes with closed eyes) to 32 people, separated by 3 age ranges (close to 20,40 and 60 years) to obtain the data. Then write the program to process the data and calculate the BSI. And finally get and discuss the results.

The results of the project have verified symmetry in healthy people, but no statistical significance was found among people of different ages. We have also not found statistical significance to perform recordings with closed eyes and/or processing the signal for alpha or beta frequencies. However, we can say that with closed eyes, the BSI tends to have less variance and fewer artefacts are performed.

Índex

1. Introducció	3
PART 1: TEORIA	4
2. Bàsic concepte anatòmic	4
2.1. L'encèfal	4
2.2. El còrtex i els hemisferis cerebrals	5
2.3. Els lòbuls del cervell	5
3. Bàsic concepte de transmissió de senyal: les neurones	5
3.1. Les neurones	5
3.2. La sinapsis.....	6
3.3. Transmissió de senyal en la neurona	7
3.4. Tipus de neurones	7
3.5. Les neurones en el còrtex cerebral	8
4. Mètodes per mesurar l'activitat cerebral	9
5. Electroencefalograma (EGG)	9
5.1. Què és l'EEG?.....	9
5.2. Què mesura l'EEG?	10
5.3. Com és mesura l'EEG?.....	10
5.4. Com es posicionen els elèctrodes: el cap d'EEG	12
5.5. El procés d'obtenció del senyal.....	13
5.6. Les bandes de freqüència.....	13
5.7. Avantatges i desavantatges de l'EEG	14
5.8. L'EEG en repòs és un Brain-Computer Interface?	14
6. Brain Symmetry Index	15
PART 2: RECERCA	17
7. Propòsit del treball	17
8. Participants i consentiments	17
9. Gravacions d'EEG	18
9.1. Cap d'EEG	18
9.2. Gel conductiu	18
9.3. Software	19
9.4. Amplificador.....	20
9.5. Tipus de gravacions	22
10. Processament de dades	23

10.1. Variables escollides al processar les dades.....	23
10.2. Eliminació d'artefactes.....	25
10.3. Programes realitzats per el processament.....	27
11. Anàlisi de dades i estudi estadístic.....	27
12. Resultats	28
13. Conclusions	32
14. Agraïments.....	32
15. Bibliografia.....	33
16. ANEEX.....	36

1. Introducció

En aquest Treball de Final de Grau s'ha plantejat realitzar un estudi biomèdic complet. Aquest treball ve inspirat de la assignatura *Biomedical Signal Processing* i de les pràctiques realitzades l'estiu passat a l'empresa G.tec Medical Engineering on vaig treballar amb dades d'electroencefalograma(EEG) de pacients amb ictus. En persones amb aquesta malaltia, el cervell es veu afectat en diversos aspectes. Per exemple, en persones sanes teòricament al estar en repòs l'activitat cerebral en el dos hemisferis del cervell tendeix a ser simètric. En persones amb ictus no es dona aquesta simetria a causa d'aquesta afectació en el cervell. A partir de recerca realitzada, hem trobat que hi ha un índex conegut com el Brain Symmetry Index que serveix per calcular la simetria entre els dos hemisferis.

Llavors l'objectiu principal d'aquest Treball de Final de Grau es realitzar un estudi del Brain Symmetry Index en persones sanes per saber com es comporta aquest índex en persones sanes i després poder veure les diferències en persones amb ictus i trobar-li una funció controlant si un pacient amb ictus millora o empitjora (si és més simètric o més asimètric). Per realitzar aquest estudi hem hagut de realitzar gravacions d'EEG a 32 persones sanes, i processar totes les dades obtingudes per tal d'obtenir uns resultats concloents. Els factors que hem tingut en compte a la hora de estudiar el Brain Symmetry Index han sigut l'edat dels participants, l'estat dels ulls (tancats o oberts) a l'hora de la gravació d'EEG dels participants, i la banda de freqüència utilitzada al processar les dades.

La hipòtesi de partida d'aquest Treball de Final de Grau és que el Brain Symmetry Index varia significativament depenent dels factors abans nombrats. Creiem que a major edat es possible que hi hagi més asimetria, que amb els ulls tancats sigui més fàcil de concentrar-se (Barry, Clarke, Johnstone, Magee, & Rushby, 2007; Hübner, Schall, Prange, & Tangermann, 2018) i per tant el Brain Symmetry Index surti significativament més baix, i que possiblement les bandes de freqüències afectin al Brain Symmetry Index (Fanciullacci et al., 2017).

Per entendre tot el procés realitzat teòricament i pràcticament, el treball està separat en dos parts. En la primera part ens dediquem a explicar la teoria que fomenta l'EEG des de un nivell bastant bàsic per tal de poder entendre-ho fàcilment, ja que en aquest treball trobem molt important saber d'on surten i que són les dades que analitzem. I en la segona part trobem explicat tot el procés de recerca pràctica, començant per les gravacions realitzades, passant per tot el processament de senyals i programació i finalment obtenint uns resultats i unes conclusions.

PART 1: TEORIA

2. Bàsic concepte anatòmic

2.1. L'encèfal

L'encèfal és una part del Sistema Nerviós Central que està ubicat al final de la medul·la espinal dins del crani i és el òrgan gràcies el qual podem realitzar operacions mentals complicades i tenir consciència. L'encèfal humà el podem resumir en tres parts:

- El cervell que conté el telencèfal i el diencèfal. El telencèfal ocupa la major part de l'encèfal i es compon en 3 parts: el còrtex cerebral, els ganglis basals i el sistema límbic. El diencèfal per la seva part, està situat sota el telencèfal i les parts que el componen són el tàlem i l'hipotàlem.
- El tronc encefàlic, és la part de l'encèfal que està més directament connectada a la medul·la espinal i és la major ruta de comunicació entre el cervell, la medul·la espinal i els nervis perifèrics. Consta del mesencèfal, la protuberància i el bulb raquídi.
- I per últim el cerebel, una de les seves funcions més importants és la monitorització dels moviments complexos que necessiten una certa coordinació.

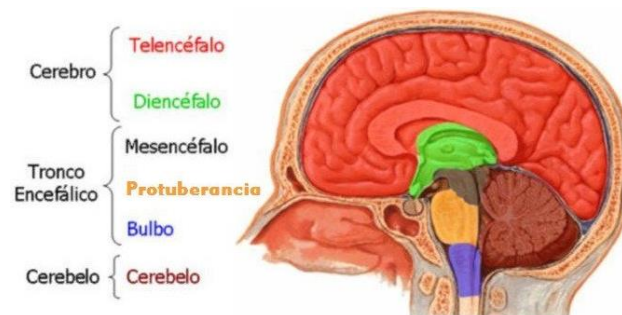


Figura 1. Parts de l'encèfal.

L'encèfal, al ser una part tan important del nostre cos, està protegit per diverses capes. Tal com es veu en la FIGURA l'estructura per protegir l'encèfal consta de:

- El cuir cabellut (pell) que té contacte amb el crani gràcies a el periosti (membrana de teixit conjuntiu que cobreix ossos).
- El crani, estructura òssia i la capa més gruixuda, que té contacte amb les meninges.
- Les meninges són un teixit conjuntiu que connecta amb el còrtex cerebral i en que es distingeixen tres capes: la duramàter, l'aracnoide i la piamàter.

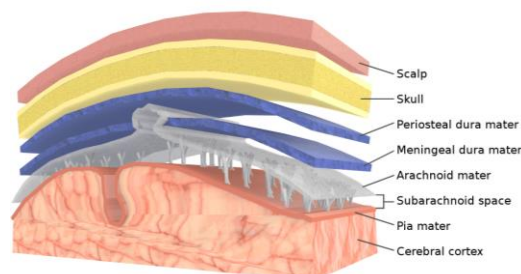


Figura 2. Capes que protegeixen l'encèfal.

2.2. El còrtex i els hemisferis cerebrals

El còrtex cerebral és la part rugosa del cervell i cobreix la resta d'encèfal. És la part en la que s'integra la informació necessària per tal de realitzar els processos mentals més complexos. El còrtex està dividit en dos hemisferis cerebrals, l'hemisferi dret i l'hemisferi esquerre. Aquests hemisferis estan separats per una cissura interhemisfèrica. Són estructures casi idèntiques on cada hemisferi rep la informació i controla el costat oposat del cos. Els dos hemisferis treballen en sincronia encara que cada hemisferi domina més una cosa diferent. Es relaciona amb l'hemisferi esquerre el llenguatge, parlar, llegir, funcions matemàtiques... I amb l'hemisferi dret la comprensió espacial, el reconeixement de patrons, la creativitat...

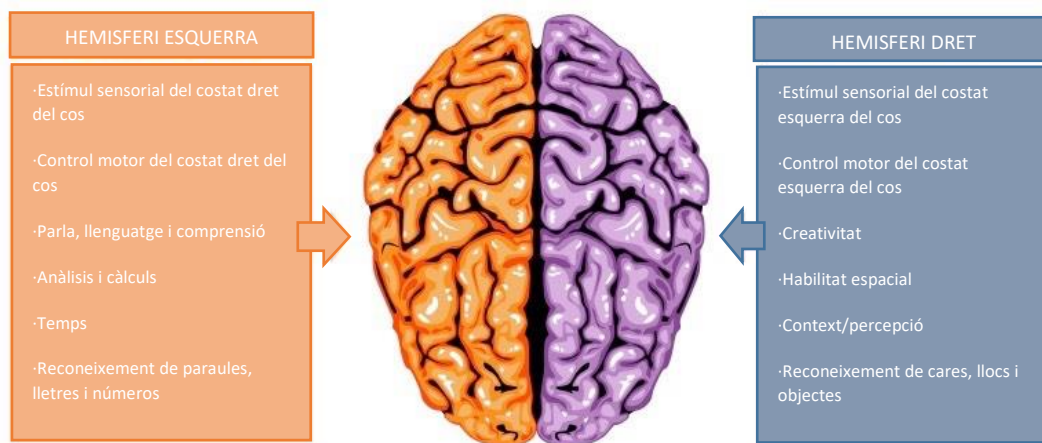


Figura 3. Hemisferis del cervell. En taronja l'esquerra i en lila el dret.

2.3. Els lòbuls del cervell

Cada hemisferi està compost per diferents lòbuls del cervell, que diferencien en diferents processos mentals:

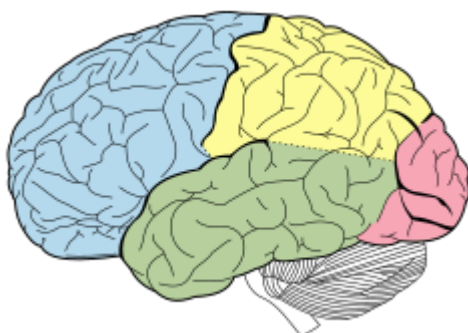


Figura 4. Lòbuls del cervell. En blau el lòbul frontal, el groc el lòbul parietal, en verd el lòbul temporal i en rosa el lòbul occipital.

- Lòbul frontal: controla activitats com raonar, organitzar, el moviment..
- Lòbul temporal: Integració dels estímuls dels sentits.
- Lòbul occipital: Visió, producció d'imatges.
- Lòbul parietal: Percepcions sensorials externes.

3. Bàsic concepte de transmissió de senyal: les neurones

3.1. Les neurones

Les neurones són una unitat estructural i funcional del nostre sistema nerviós. Generalment aquestes cèl·lules es poden diferenciar per tres parts:

- El soma és la part principal de la neurona on es troba el nucli i es produeix l'energia per el funcionament de la neurona.
- Les dendrites són prolongacions en forma de branques que surten de diferents parts del soma i la seva funció és rebre impulsos elèctrics d'altres neurones i enviar-los al soma.
- El axó és una prolongació allargada del soma en direcció contrària a les dendrites. La seva funció és propagar l'impuls a una altre neurona, múscul o glàndula del cos. Els axons acostumen a estar recoberts per mielina que permet la transmissió de impulsos de manera ràpida i eficient.

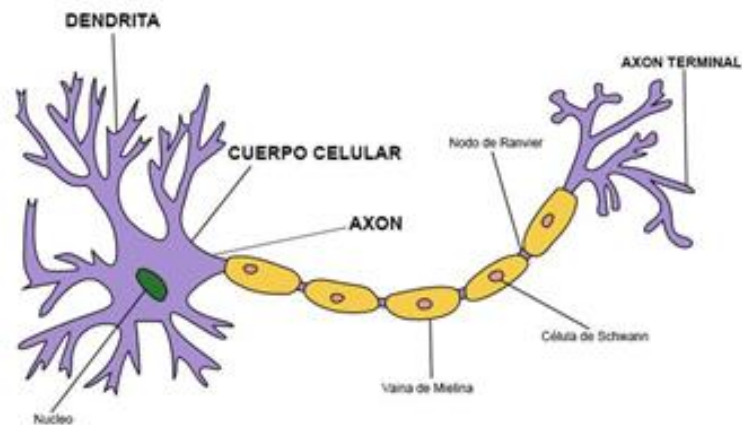


Figura 5. Parts principal d'una neurona.

3.2. La sinapsis

Així doncs, les neurones transmeten el senyal, però com ho fan? Quan el axó de una neurona es posa en contacte amb les dendrites de una altre neurona es dona la sinapsis (no hi ha contacte, es crea un espai anomenat esclletxa sinàptica). La sinapsis és un procés comunicatiu entre les dos neurones que comença amb una descàrrega químic-elèctrica en la membrana de una de les dos neurones (neurona presinàptica). Quan aquest impuls està en el axó terminal de la neurona presinàptica, aquesta segrega un neurotransmissor que allibera a l'espai de l'esclletxa sinàptica. L'altre neurona (neurona postsinàptica) rep el neurotransmissor gràcies a les dendrites. Depèn del neurotransmissor les neurones són excitades o inhibides.

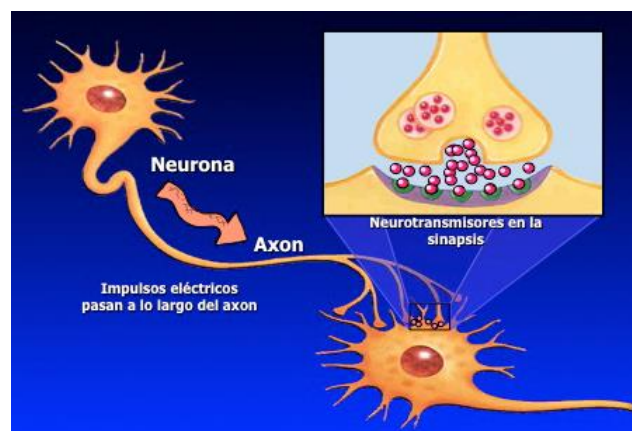


Figura 6. Procés de la sinapsis.

3.3. Transmissió de senyal en la neurona

L'impuls nerviós es transmet a través de la neurona per un procés de despolarització. En un principi en la part exterior de la neurona hi ha ions de carga positiva (Na^+) i en l'interior, de carga negativa (K^+). Quan arriba un estímul (la sinapsis), els canals de sodi s'obren i com a conseqüència la polaritat s'inverteix, quedant més càrrega positiva en aquesta zona. A aquesta alteració se li denomina potencial d'acció. D'aquesta forma es realitza la despolarització de la neurona, obrint els canals de sodi més propers consecutivament i desplaçant l'impuls nerviós al llarg del axó. Una vegada el impuls nerviós a recorregut tot el axó es produeix la repolarització, deixant la neurona amb el potencial de repòs del principi.

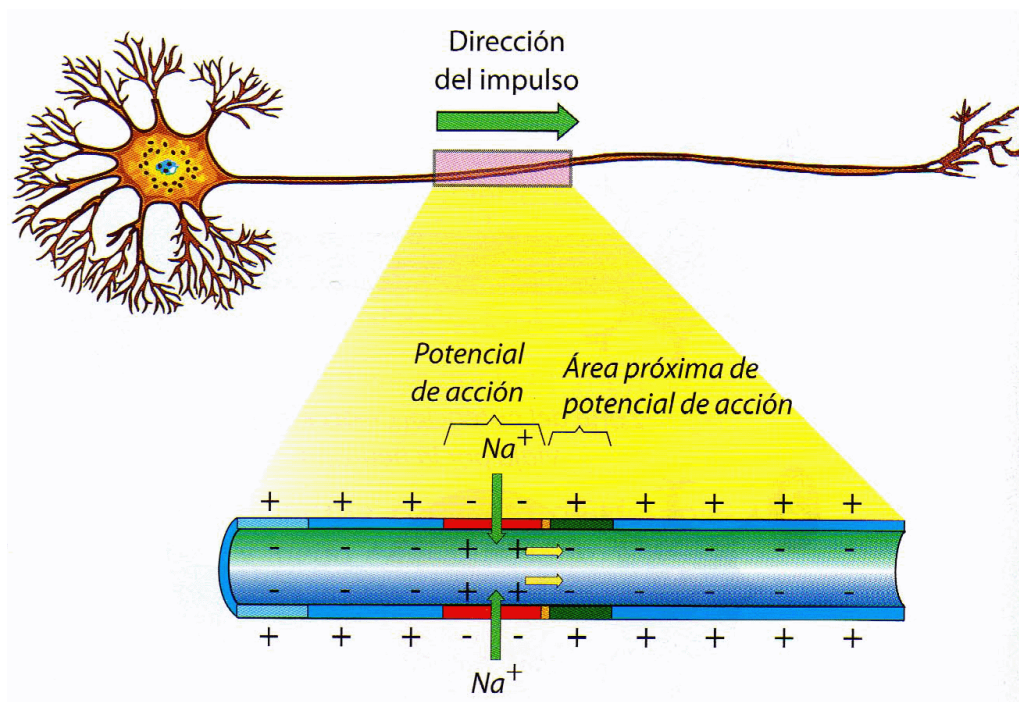


Figura 7. Procés de transmissió de senyal de una neurona.

3.4. Tipus de neurones

Totes les neurones no són iguals però, es poden distingir per diferents característiques:

- **Funcionament:**
 - Neurones sensorials: Envien informació del receptors sensorials al sistema nerviós central. (Són neurones aferents, ja que la direcció d'impuls és de receptors al sistema nerviós central).
 - Neurones motores: Envien informació des de el sistema nerviós central als músculs esquelètics. (Són neurones eferents, ja que la direcció d'impuls és del sistema nerviós central als receptors).
 - Interneurones: Connecten amb altres neurones però mai amb neurones sensorials o fibres musculars
- **Morfologia:**
 - Unipolar: Neurones que posseeixen una prolongació de doble sentit i actua a la vegada com a dendrita i axó. Acostumen a ser neurones sensorials, aferents.
 - Bipolar: Neurones que tenen dos prolongacions que surten del soma. Una prolongació actua com a dendrita i l'altre com axó.

- **Multipolar:** Neurons que posseeixen múltiples dendrites i un sol axó. Són les més comunes en el sistema nerviós central, es troben en el cervell i en la medulla espinal.

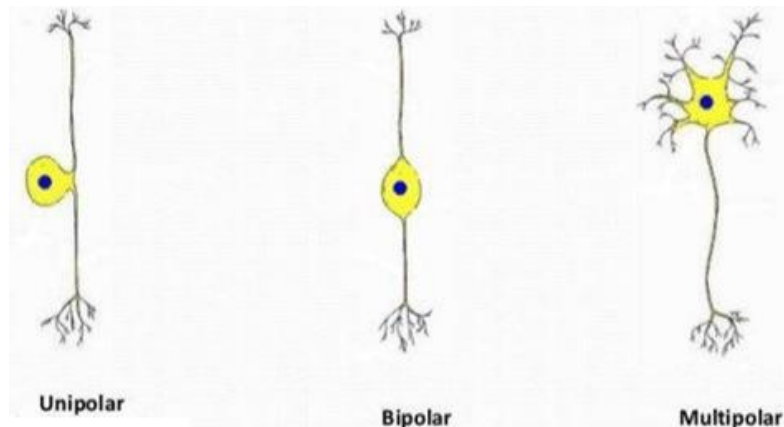


Figura 8. Tipus de neurona per la seva morfologia.

3.5. Les neurones en el còrtex cerebral

El còrtex cerebral està format de substància grisa, són zones del sistema nerviós central en que predominen les somes de les neurones. El color gris es contraposa amb el color blanc de les zones de substància blanca que tenen aquest color degut a que predominen els axons recobertes de mielina, que és de color blanc.

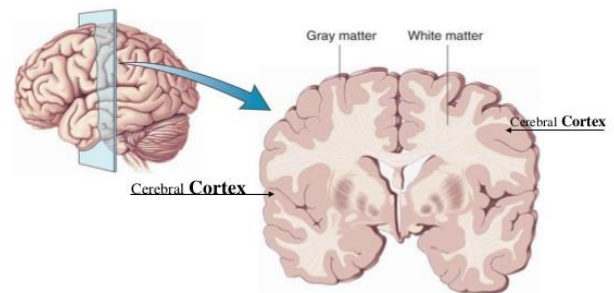


Figura 9. Còrtex cerebral.



Figura 10. Neurona piramidal.

En el còrtex es troben neurones multipolars anomenades neurones piramidals que tenen forma triangular, d'aquí al seu nom. Aquestes neurones són les que proporcionen l'activitat cerebral en el còrtex.

4. Mètodes per mesurar l'activitat cerebral

Existeixen diferents mètodes per mesurar l'activitat elèctrica del cervell (a la *Figura 11* podem veure una representació d'aquests mètodes). La major diferència en aquests mètodes és la ubicació dels sensors. Es poden classificar en dos tipus: invasius i no invasius.

Els mètodes invasius per mesurar l'activitat cerebral requereixen cirurgia per tal d'implantar els sensors. Aquesta cirurgia inclou l'obertura del crani a través de un procediment quirúrgic anomenat craniotomia que consisteix en tallar la membrana que cobreix el cervell. En l'electrocortigiograma (ECoG) els sensors es posen en la superfície del còrtex. L'ECoG no danya a cap neurona perquè cap elèctrode ha penetrat el cervell. Un altre tipus de mètode, més invasiu, són les gravacions intracorticals (Intracortical recordings), que és el senyal obtingut d'elèctrodes que travessen el teixit del cervell. Aquests mètodes invasius tenen els avantatges de una excel·lent qualitat de senyal, un rang de freqüència més alt i artefactes menys problemàtics. No obstant tots aquests avantatges es contraposen amb la cirurgia que es requereix per aconseguir-ho.

Els mètodes no invasius (sensors situats sobre el cap) són els més utilitzats. L'electroencefalograma (EEG) es basa en mesurar l'activitat elèctrica des del cuir cabellut amb elèctrodes. Aquest mètode és el que hem utilitzat per fer les mesures en aquest treball i expliquem millor en el següent apartat (Bernhardard Graimann, Brendan Allison, 2010).

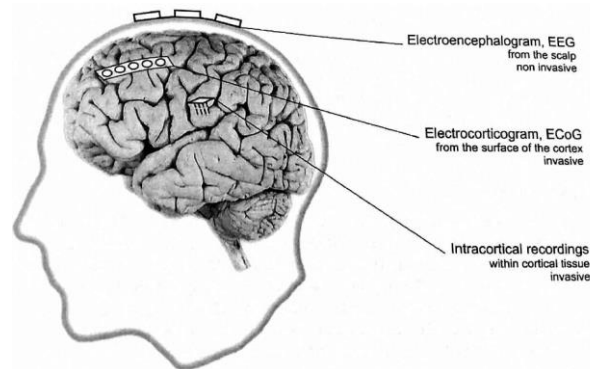


Figura 11. Mètodes per mesurar l'activitat del cervell.

5. Electroencefalograma (EEG)

5.1. Què és l'EEG?

L'electroencefalograma és un mètode fisiològic que tracta de gravar l'activitat elèctrica (V) del cervell amb elèctrodes situats en el cuir cabellut. La paraula electroencefalograma està composta per tres paraules com podem veure a la *Figura 12* que ens ajuda a fer una idea del significat de la paraula.



Figura 12. Significat de EEG.

5.2. Què mesura l'EEG?

L'EEG mesura l'activitat elèctrica produïda per l'activitat cerebral de les neurones piramidals. Les neurones piramidals es troben en el còrtex cerebral alineades perpendicularment, tal com mostra la *Figura 13*. Aquestes neurones fan sinapsis amb axons de neurones veïnes. Això causa que els canals d'ions s'obrin i ions carregats positivament entrin dins la cèl·lula causant la despolarització de la cèl·lula. Quan la despolarització comença per un costat de la neurona, l'altre costat hi ha una repolarització. A conseqüència d'això es crea un dipol que condueix corrent. Aquest corrent és molt petit per ser detectat per l'EEG. El sumatori de dipols de les neurones sincronitzades és el que detecta com a senyal l'EEG. Hem de tenir en compte que l'activitat post sinàptica al voltant de les dendrites de les neurones piramidals també contribueix al senyal que rep l'EEG.

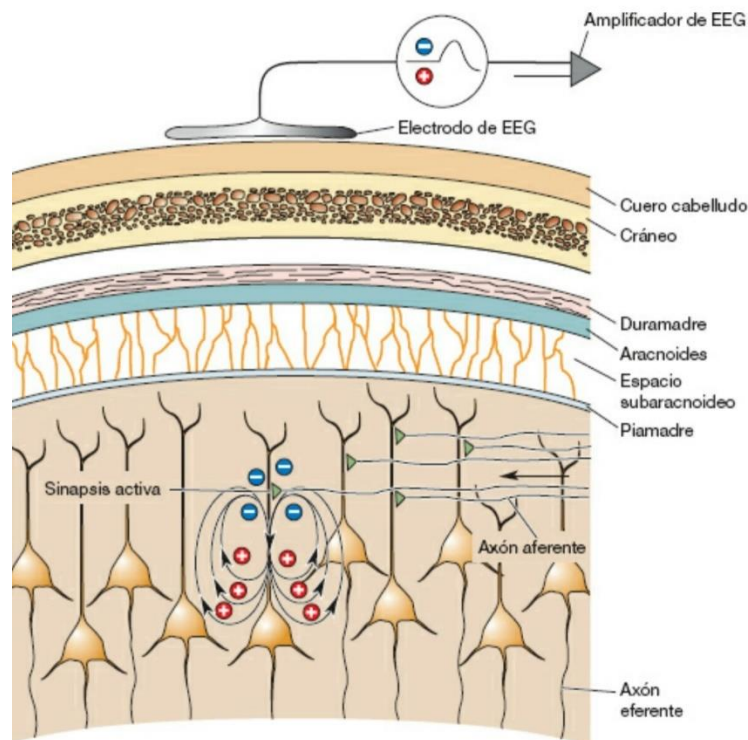


Figura 13. Representació de l'obtenció de l'activitat elèctrica produïda per les neurones piramidals en el còrtex.

5.3. Com és mesura l'EEG?

Per obtenir el senyal cerebral s'utilitzen elèctrodes. Un elèctrode és un conductor elèctric utilitzat per fer contacte amb una part no metàl·lica d'un circuit. També s'ha d'utilitzar un gel especial, que s'ha de col·locar en el petit espai que hi ha entre la superfície del cap i cada elèctrode. Aquest gel és conductiu i ajuda a conduir el senyal al elèctrode.

De l'EEG el que obtenim són diversos canals que ens mostren els senyals (μV) que obtenim dels elèctrodes col·locats al cap. Per produir aquests canals l'EEG utilitza amplificadors diferencials. Els amplificadors diferencials mesuren la diferència de voltatge entre dos senyals de l'entrada (dos elèctrodes). El senyal de sortida és amplificat i conté l'activitat del canal d'EEG.

Estudi del Brain Symmetry Index a partir de dades d'EEG de persones sanes.

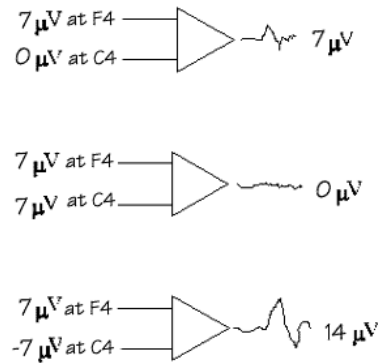


Figura 14. Exemples de amplificadors diferencials.

Depèn de quins dos elèctrodes estan en l'entrada, canvia el muntatge. Hi ha tres muntatges estàndards:

- Referència comuna: Cada amplificador grava la diferència entre un elèctrode del cap i el elèctrode de referència. El elèctrode de referència s'utilitza en tots els canals i acostuma a ser el elèctrode A1, A2 o el elèctrode de l'orella. (Figura 15)
- Bipolar: Aquest muntatge no funciona amb cap elèctrode de referència. Els elèctrodes s'enllacen seqüencialment (normalment en línies rectes des de la part frontal fins la part posterior del cap) i es col·loquen a les entrades dels amplificadors. El canal resultant conté el senyal calculat entre la diferència de voltatge entre els elèctrodes utilitzats. (Figura 16)
- Mitjana de referència: Per últim, aquest muntatge sí que funciona amb una referència. Primerament és mesura l'activitat de cada un dels elèctrodes i seguidament es sumen totes i es fa una mitjana. El senyal resultant es utilitza com a elèctrode de referència i realitzant el mateix procés que amb el muntatge de referència comuna. (Figura 17)

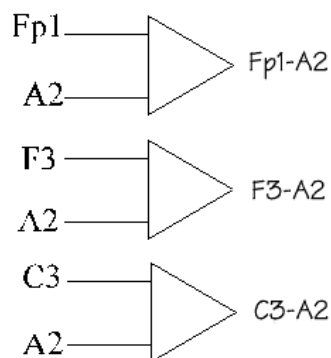


Figura 15. Amplificador amb referència comuna.

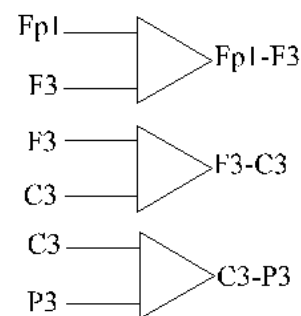


Figura 16. Amplificador en bipolar.

Estudi del Brain Symmetry Index a partir de dades d'EEG de persones sanes.

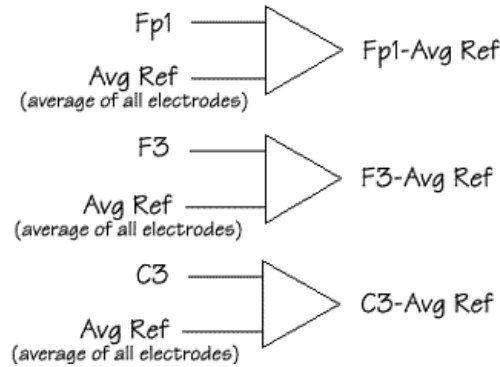


Figura 17. Referència amb mitjana de referència

5.4. Com es posicionen els elèctrodes: el cap d'EEG

Per mesurar l'activitat elèctrica del cervell s'utilitzen elèctrodes. Els elèctrodes s'han de posicionar en llocs específics del cap, per això s'utilitza un gorro anomenat cap d'EEG on tenim implantats els elèctrodes per tal de que les seves posicions siguin fixes. A la *Figura 18* podem visualitzar el sistema 10-20, internacionalment reconegut, que ens mostra les posicions on els elèctrodes han de estar fixats en un cap d'EEG. El nasíó és el punt d'intersecció del os frontal i els dos ossos nasals del crani, i el inió és una petita protuberància externa del occipital. Aquests dos punts s'utilitzen per definir les posicions on es col·loquen els elèctrodes. El cap d'EEG ha de posicionar-se tal com es veu en la figura ocupant des de el nasíó fins el inió. S'anomena sistema 10-20 ja que fa referència a les distàncies entre les posicions dels elèctrodes i la distància entre els elèctrodes i el nasíó i el inió en el cap d'EEG, 10% entre el nasíó (o el anió) i el elèctrode més proper i 20% entre cada elèctrode. Cada posició d'un elèctrode té un nom assignat de referència, que es compon per una lletra (o dos) i un número. Les lletres donen una pista de la regió de que pertanyen: Fp- pre frontal , F- frontal, P- parietal, O- occipital, T-temporal. El número que acompanya a la lletra indica en quin hemisferi i on del hemisferi està posionat està posionat: números imparells pertanyen al hemisferi esquerra i els números parells al hemisferi dret.

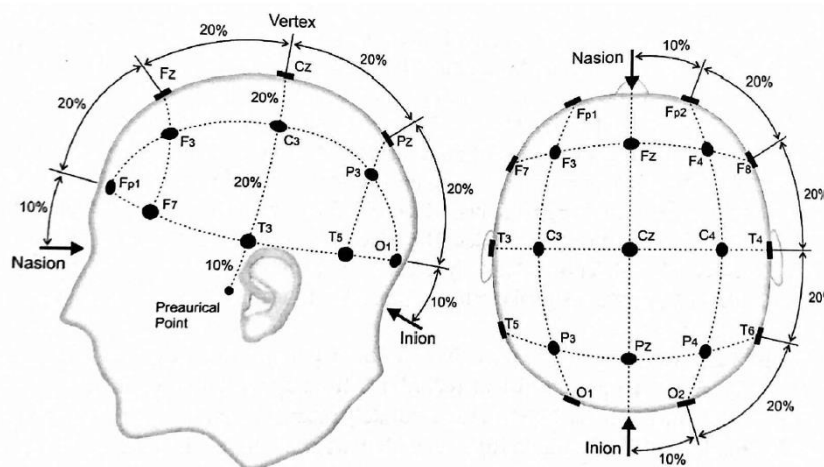


Figura 18. Sistema 10-20 d'un cap d'EEG.

Cada cap d'EEG pot tenir diferent número de elèctrodes (sempre i quan tinguin posicionats el mateix nombre de elèctrodes en cada hemisferi i en el mateix lloc simètricament). Normalment tenen 16 o 32 elèctrodes, però tot depèn del que es vulgui mesurar. Com més elèctrodes més dades i per tant més informació. Si es requereix un estudi molt complet com més informació

millor, però moltes vegades només es requereix informació d'elèctrodes específics, per el qual és millor tenir un cap d'EEG amb els elèctrodes suficients.

5.5. El procés d'obtenció del senyal

Resumint tot el explicat fins ara, obtenim l'activitat cerebral de les neurones piramidals en el còrtex gràcies a elèctrode col·locats al cap en punts específics i amb el muntatge especificat. El senyal és amplificat i digitalitzat per tal de ser processat. Per aquest procés és important la freqüència de mostreig. La freqüència de mostreig, expressada en Hz, és el número de mostres per unitat de temps que s'agafen d'un senyal continu (l'EEG) per produir un senyal discret, per realitzar el procés de passar el senyal de analògic a digital.

El que obtenim finalment són les dades de cada canal de l'EEG com podem veure a la *Figura 19*.

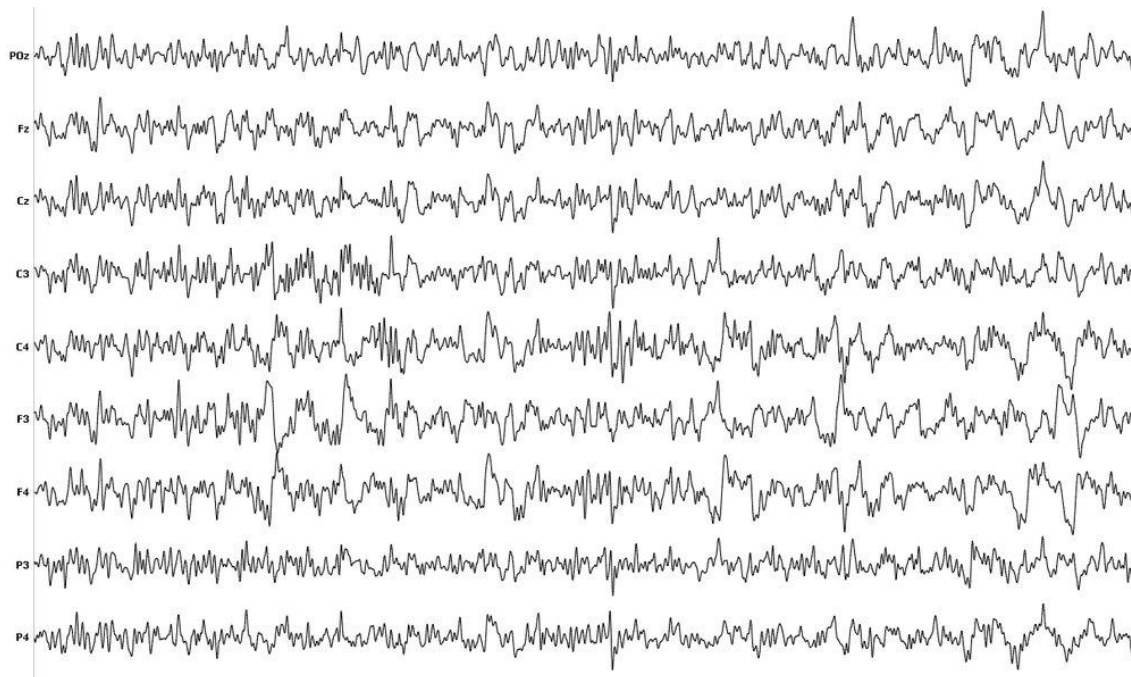


Figura 19. Representació de 9 canals d'EEG. Cada canal representa el senyal obtingut en la posició especificada.

5.6. Les bandes de freqüència

L'activitat elèctrica del cervell es produeix en una certa freqüència. Cada cop que el cervell es troba en un cert estat, la freqüència canvia. Ens referim a freqüència com els cicles per segon de les ones cerebrals i es mesuren en Hertz (Hz), com més cicles per segon més alt el valor de freqüència. Les ones cerebrals es distingeixen en 4 bandes de freqüència segons la seva activitat:

- Ones beta (12-30Hz): L'activitat beta és una activitat ràpida que predomina en estat normal de vigília de la consciència, quan prestem atenció al món exterior.
- Ones alpha (8-12 Hz): Les ones alpha són ones més lentes que les beta i predominen quan estem relaxats, estan desperts. Augmenten la seva presència quan tenim els ulls tancats.
- Ones theta (4-7Hz): L'activitat theta no es veu en adults desperts. Les ones theta predominen en la primera etapa del son.

- Ones delta (1-4Hz): L'activitat beta predomina en l'estat profund de son. Les ones tendeixen a ser lentes i d'amplitud alta.

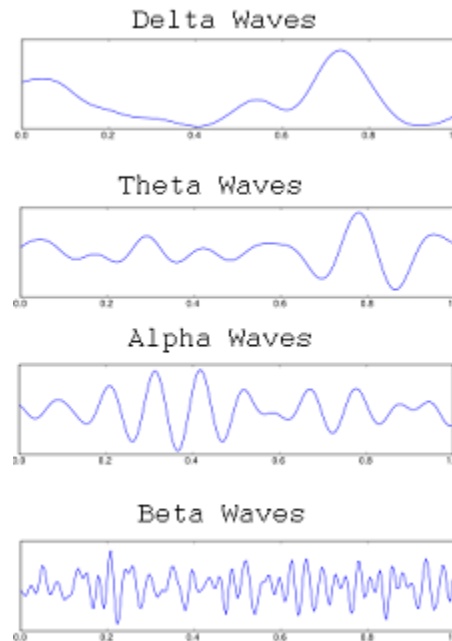


Figura 20. Bandes de freqüència.

5.7. Avantatges i desavantatges de l'EEG

Anteriorment hem vist els diferents mètodes per obtenir el senyal cerebral, i hem comentat lleugerament els avantatges i desavantatges d'aquests. En aquest punt comentarem més profundament els avantatges que comporta l'electroencefalograma i els seus desavantatges.

L'avantatge principal de l'electroencefalograma és l'obtenció del senyal cerebral sense requerir cirurgia. Això permet realitzar aquest mètode i obtenir dades molt fàcilment, el que fa que pugui ser una ajuda molt remarcable en diagnòstics, recerca i investigacions.

Per altre banda, el senyal que obtenim amb l'electroencefalograma no es tan bo si el comparem amb senyals de EoG, que si que requereix cirurgia. Els desavantatges principals són:

- Les capes de protecció que tenim per a l'encèfal provoquen alta impedància per a l'obtenció del senyal.
- Per obtenir un senyal de qualitat adequat, les zones on es connecten els elèctrodes han de estar ben preparades amb un gel conductiu. Això provoca pèrdua de temps al col·locar els elèctrodes, incomoditat per a la persona, i pèrdua de temps al tenir que rentar els caps d'EEG després d'utilitzar-los.
- Els artefactes que ens trobem al obtenir la senyal. Els artefactes són contaminacions en la senyal d'EEG, causats per exemple per els moviments o tancaments dels ulls, o per moviments musculars com badallar. Aquests artefactes han de ser eliminats per tal de obtenir un senyal resultant el més fiable possible.

5.8. L'EKG en repòs és un Brain-Computer Interface?

Normalment tot tipus de comunicació o control natural requereix dels nervis perifèrics i els músculs. El usuari quan manifesta la intenció desencadena un procés complex en àrees del cervell que provoca que els senyals siguin enviats per el sistema nerviós perifèric als músculs corresponents. Aquest procés es anomenat motor eferent, significa que transporta els impuls

des de el centre del sistema nerviós perifèric fins a un efector, un múscul. Per tant, per el control de moviment, el camí de motor eferent és molt important. No obstant, la interfície cervell-ordinador, en anglès Brain-Computer Interface (BCI), ofereix una comunicació i control alternatiu. El BCI és un sistema artificial que en comptes de utilitzar el camí de motor eferent, no depèn dels nervis perifèrics ni dels músculs. El BCI directament mesura la activitat del cervell de la intenció del usuari i la tradueix en els corresponents senyals de control per aplicacions de BCI. Aquesta traducció implica processament i reconeixement de patrons, que es fa a través d'un ordinador. Per aquesta raó s'anomena Brain-Computer Interface, ja que la mesura de l'activitat s'origina directament del cervell i no del sistema perifèric. Exemples de estratègies o patrons en que es basen el BCI:

- Atenció selectiva: donat d'un estímul (pot ser auditiu, sensorial, visual...), on aquest estímul pot ser de diferents freqüències, vibracions... (si per exemple és auditiu pot haver-hi un to greu i un to agut). El BCI d'atenció selectiva es basa en prendre atenció al estímul amb una freqüència o vibració determinada, per exemple en un estímul auditiu, es basaria en prendre atenció a un to agut i no fer cas als tons greus.
- Motor Imagery: El moviment d'un braç canvia l'activitat motora del còrtex cerebral. El mateix passa només imaginant-nos movent el braç. El BCI del motor imagery es basa en la imaginació d'un moviment.

El BCI ha de complir 4 factors: l'activitat s'ha de gravar directament del cervell (invasiva o no invasiva), ha de proporcionar un feedback al usuari, el feedback ha de ser en temps real i el sistema ha de dependre de un control intencional. En l'EEG de repòs que hem realitzat en aquest treball, només es compleix el primer factor, per tant no és un BCI (Bernhardard Graimann, Brendan Allison, 2010).

6. Brain Symmetry Index

El Brain Symmetry Index (BSI) és un índex que indica la simetria del cervell. És un paràmetre utilitzat en l'àrea de recerca amb dades d'EEG. Originalment aquest paràmetre es va dissenyar per tal de assistir en la interpretació del EGG durant una endarterectomia carotídea, però ha anat trobant-se aplicacions per tal de monitoritzar pacients amb ictus ja que té una bona correlació amb el dèficit neurològic (NIHSS). El BSI compara el poder espectral entre el hemisferi dret i el hemisferi esquerra en un rang de freqüència entre 1 i 25 Hz i proporciona la magnitud de la seva simetria en un índex entre 0 i 1, on 0 és una simetria total i 1 el més asimètric (Van Putten, Kind, Visser, & Lagerburg, 2005). Teòricament en persones sanes, estant en repòs, la mitjana espectral dels dos hemisferis és similar i podem dir que els dos hemisferis són simètrics.

El BSI original es definit com

$$BSI(t) = \frac{1}{M N/2} \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^{N/2} Q_{ik}(t)$$

amb $Q_{ik}(t)$ donada per

$$Q_{ik}(t) = \left\| \frac{R_{ik}(t) - L_{ik}(t)}{R_{ik}(t) + L_{ik}(t)} \right\|$$

amb N com a nombre de canals bipolars i M el nombre de diferents freqüències considerades. $R_{ik}(t)$ per el costat dret i $L_{ik}(t)$ per el costat esquerra, representa el poder absolut de cada canal bipolar $S_i(t)$ en una freqüència k i centrada en un temps t.

A la *Figura 21* podem veure la representació del Brain Symmetry Index. (A) Podem veure 16 canals bipolars produint 16 senyals d'EEG, especificats com $S_i(t)$ (No tots els senyals estan representats en la imatge). (B) S'aplica la FFT transformada per a seqüències particulars del senyal, centrats en un temps específic i obtenim 16 espectres, 8 de cada hemisferi (R els canals de la dreta i L per els canals de l'esquerra). (C) El poder de cada espectre que conté a una particular freqüència bin k (barres grises) és indicat per $L_{i,k}(t)$ i per $R_{i,k}(t)$ ('i' indica el canal i 'k' la freqüència bin) per l'esquerra i per (D) el hemisferi dret. (E) El valor absolut de les diferències relatives del poder de cada freqüència bin per els dos canals bipolars corresponents L1 i R1 estan il·lustrats (en la imatge esta representat per la freqüència bin numero 3). El BSI és la mitjana dels 8 valors de Q obtinguts.

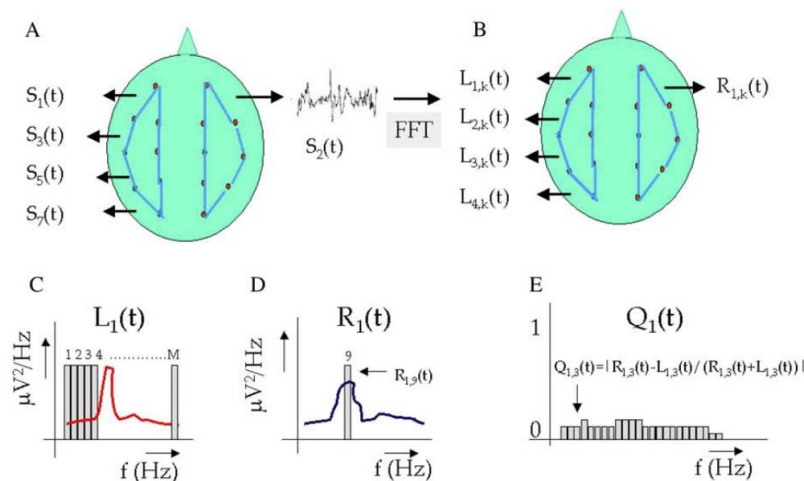


Figura 21. Representació del Brain Symmetry Index.

La versió revisada del BSI (van Putten, 2007) ha estat implementada en el estudi que hem realitzat. El BSI revisat està basat en el valor quadrat dels coeficients de Fourier i modificat lleugerament la implementació per estimar la asimetria:

$$r\text{-sBSI}(t) = \frac{1}{k} \sum_{n=1}^k \left| \frac{R_n^*(t) - L_n^*(t)}{R_n^*(t) + L_n^*(t)} \right|$$

i amb l'expressió de R (la mateixa expressió seria amb la L) com:

$$R_n^*(t) = \frac{1}{M} \sum_{ch=1}^M a_n^2(ch, t)$$

On $a_n(ch, t)$ representa els coeficients de Fourier amb el index (n) en el canal (c) en el temps (t) corresponent amb la seqüència o segment particular amb la duració T.

Com podem veure a la *Figura 22*, el BSI revisat és 2 vegades més sensible per capturar els canvis de simetria que el BSI estàndard. El número de canals pot afectar lleugerament el valor del BSI com podem veure a la *Figura 23*. Com més canals podem veure que és millor. El número de canals també és important, potser no tant amb persones sanes, però si per persones amb ictus, ja que cada un té una part afectada del cervell diferent, i per tant és important que hi hagi elèctrodes en les parts afectades i a les parts que no per tal de que el índex sigui fiable. Nosaltres en la nostra recerca no hem variat el número de canals (menys canals), ja que ho hem trobat insignificant per les raons exposades ara mateix.

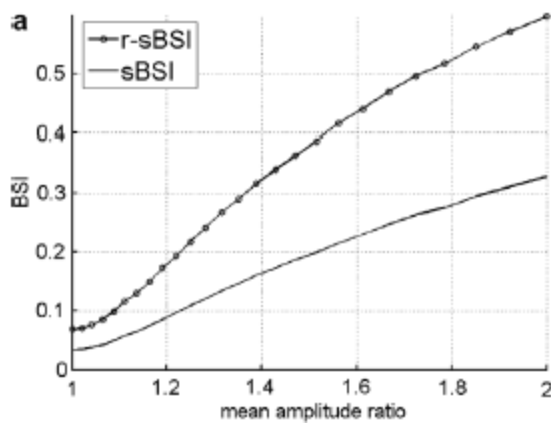


Figura 22. Relació entre el BSI original i el BSI revisat.

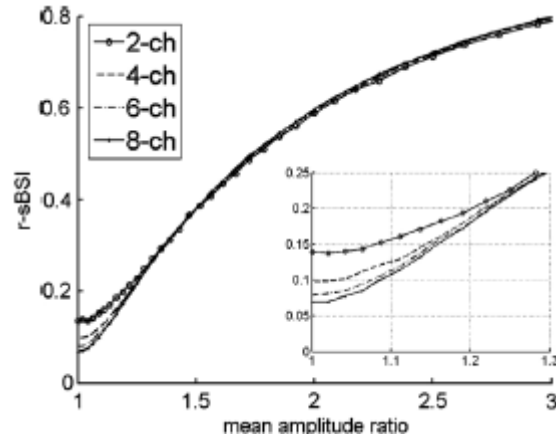


Figura 23. El BSI revisat per diferents nombres de canals bipolars.

PART 2: RECERCA

7. Propòsit del treball

Com hem comentat en la introducció, el propòsit d'aquest treball és estudiar el Brain Symmetry Index per tal de conèixer com varia en vers diferents factors, tot això verificant la simetria entre hemisferis en persones sanes en repòs. Estudiar aquest paràmetre amb persones sanes és important per poder implantar unes bases i tenir unes referències. Saber com es comporta amb persones sanes és bàsic per quan ho vulguem estudiar amb persones amb malaltia. Per tant, per estudiar aquests paràmetre hem realitzat gravacions d'EEG de persones sanes. Els factors que tindrem en compte es poden separar per dos tipus:

- Factors al gravar l'EEG:
 - Edat de les persones: L'edat pot ser un factor que influeixi en el valor del BSI, ja que podria ser que al llarg dels anys la simetria dels hemisferis es vegi afectada. Estudiarem el BSI per 3 rangs d'edats (pròxims als 20, 40 i 60 anys), per veure si hi ha alguna diferència significativa.
 - Estat dels ulls: Ens fixarem si el BSI pot variar tenint els ulls oberts o els ulls tancats, ja que podria ser que tenint els ulls tancats les persones poden concentrar-se millor i per tant aconseguir més simetria. Per tant a cada participant el gravarem dos vegades, un amb els ulls oberts i un altre amb els ulls tancats (mateixa duració).
- Factors al processar les dades:
 - Bandes de freqüència: També tindrem en compte les diferents bandes de freqüència al processar el senyal ja que pot ser que el BSI en una banda específica sigui més significatiu a conseqüència de tenir els ulls oberts o tancats. Tindrem en compte les bandes alpha i beta, ja que les bandes delta i theta són molt menys presents estant desperts i això pot afavorir a fer més notable la asimetria.

8. Participants i consentiments

En aquest experiment van participar un total de 32 persones sanes. Remarcant que el terme 'persona sana' es refereix a qualsevol persona que no té o ha tingut cap malaltia mental diagnosticada. Aquests 32 participants els podem separar per les 3 franges d'edat: 9 participants de la franja de 20 anys (21,21,23,20,22,21,21,22,24), 12 participants de la franja de 40 anys

(38,39,46,37,41,44,44,42,42,39,37,38) i 11 participants de la franja de 60 anys (61,58,61,60,54,63,63,56,58,59,63). El motiu per el qual hem volgut estudiar aquestes tres franges és per un motiu de simplicitat: ens era fàcil trobar disponibles persones d'aquestes edats i la diferència d'edat entre cada una de les franges era bastant remarcable ja que tenim des de joves a persones grans.

Tots els participants van firmar dos consentiments: un per a la universitat i un altre per a l'empresa G.tec Medical Engineering dedicada a la recerca de BCI, la qual eren propietaris tots els equips mèdics deixats. En aquests consentiments (Annex 1: *Consentiment informat*) s'informava del propòsit del estudi, i s'especificava que la prova no comportava cap risc i que totes les dades obtingudes serien tractades de forma anònima. Remarcar que per tal de poder realitzar aquestes proves a persones sanes en la universitat, vam passar per el Comitè d'Ètica de Recerca de la UVic-UCC que va emetre un dictamen favorable (Annex 2: *Informe dictamen favorable*).

9. Gravacions d'EEG

9.1. Cap d'EEG

Després de firmar els consentiments, es va demanar als participants que s'asseguessin davant un portàtil i se'ls hi va posar un cap d'EEG de 16 elèctrodes ('FC3', 'FCZ', 'FC4', 'C5', 'C3', 'C1', 'CZ', 'C2', 'C4', 'C6', 'CP3', 'CP1', 'CPZ', 'CP2', 'CP4', 'PZ') amb referència a l'orella. Com podem veure a la *Figura 24*, es van utilitzar dos caps diferents (amb el mateix número i posicions d'elèctrodes però de diferents mides), ja que el cap d'EEG ha de estar el màxim de ajustat al cap per tal de poder obtenir el senyal amb la millor qualitat.

a)



b)



Figura 24. Fotografies dels dos caps d'EEG utilitzats. a) Cap vermell: més gran, normalment utilitzat en homes. b) Cap verd: més petit, normalment utilitzat en dones.

9.2. Gel conductiu

Per tal de que els elèctrodes tinguin el major contacte amb la pell i obtinguin l'activitat elèctrica del cervell s'utilitza un gel conductiu. Aquest gel s'aplica a cada elèctrode, entre el petit espai de separació entre l'elèctrode i la pell, i ajuda a conduir la electricitat per tal que cada elèctrode rebi bé la senyal. És important no posar-hi massa gel, ja que podrien ajuntar-se el gel aplicats en dos elèctrodes diferents i per tant el senyal que obtinguéssim d'aquests dos elèctrodes serien el mateix, però també és important no posar-hi menys del necessari, perquè si no hi ha contacte gràcies al gel del elèctrode a la pell, el elèctrode no obté cap senyal.



Figura 25. Gel conductor en el seu recipient. A la xeringa es posa una mica de gel i es la que s'utilitza per a l'aplicació del gel.



Figura 26. Aplicació del gel. Cada elèctrode té un forat per tal de que la xeringa pugui posar el gel entre el elèctrode i la pell.

9.3. Software

Per gravar l'EEG es va utilitzar g.Recorder, software per enregistrar biosenyal desenvolupat per la mateixa empresa abans mencionada: G.tec Medical Engineering. g.Recorder és un programa que s'utilitza per adquirir, processar i gravar dades de senyals biològics com electroencefalogrames(EEG), electromiograma(EMG), electrooculograma(EOG) i electrocardiograma(ECG) (Sierningstrasse & Tel, 2016).

Aquest software permet seleccionar quins canals es volen gravar o veure per pantalla, quins filtres es volen aplicar i a quins canals, quina freqüència de mostreig es vol, quants minuts es volen gravar... Per realitzar aquestes accions la finestra principal de g.Recorder conté el menú, la barra d'eines, el visor de dades i la barra d'estat.

- En el menú i a la barra d'eines es pot seleccionar els diferents paràmetres abans comentats, i començar o parar l'adquisició de dades.
- En el visor de dades podem veure el senyal que obtenim en cada canal. (Amb els canals, el temps per pantalla, i el senyal filtrat o no, que hem seleccionat anteriorment en la barra d'eines).
- I per últim la barra d'estat indica l'estat actual del g.Recorder. Podem veure els paràmetres seleccionats.

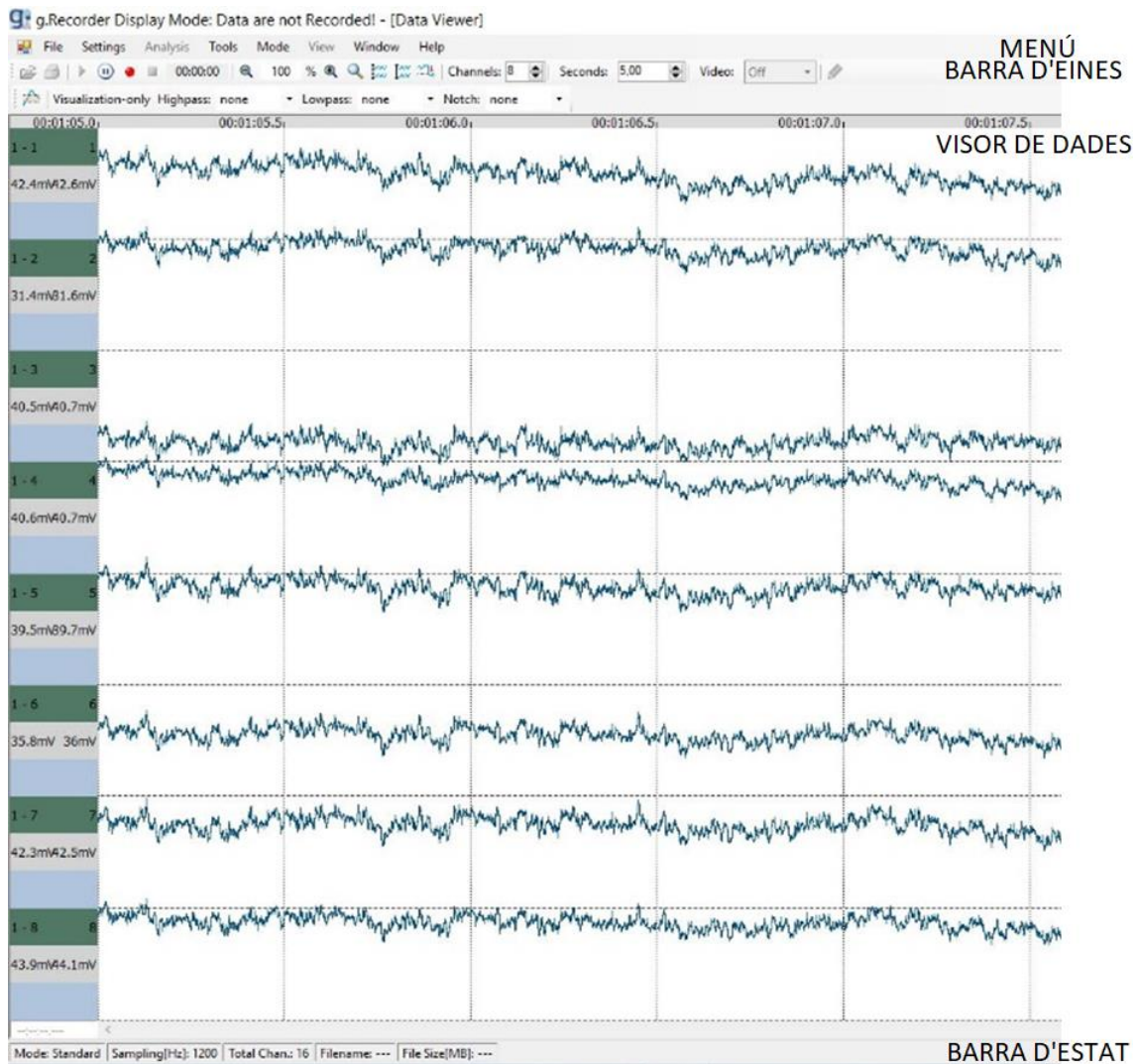


Figura 27. Screenshot de la pantalla principal de g.Recorder.

Així doncs es van realitzar les gravacions amb una freqüència de mostreig de 1200Hz. Les dades de l'EEG no va ser filtrades al ser adquirides però seran filtrades al ser processades.

9.4. Amplificador

Per tal de que l'activitat elèctrica passi dels elèctrodes al g.Recorder, és necessari l'amplificador. Vam utilitzar l'amplificador g.USBamp també desenvolupat per G.tec Medical Engineering. Per obtenir a l'entrada del amplificador la senyal dels 16 elèctrodes utilitzem el que és coneix com g.GAMMAbox, que funciona com a font d'alimentació per als elèctrodes i ajuda a tenir connectats en una sola caixa tots els canals, per tal de que ens sigui fàcil connectar-ho a l'amplificador.



Figura 29. Amplificador g.USBamp.



Figura 28. g.GAMMAbox d'un cap d'EEG amb tots els canals connectats i connectat a l'amplificador.

Normalment cada cap d'EEG va sempre amb la seva g.GAMMAbox i no es separen. Això fa més ràpid mesurar dades a diferents persones. Per exemple, per aquest treball vam utilitzar dos caps d'EEG, que cadascun anava amb la seva g.GAMMAbox. Per tant per connectar un cap d'EEG en l'amplificador només feia falta connectar la g.GAMMAbox corresponent i no connectar cada canal per separat en l'amplificador.



Figura 30. Cap d'EEG amb la seva g.GAMMAbox

Per tal de poder entendre el procés que succeeix en l'amplificador a la *Figura 31* podem veure un diagrama de blocs. A l'entrada tenim els 16 canals, que son connectats a través de interruptors controlats per software als amplificadors diferencials i filtres anti-aliasing abans que les senyals es digitalitzin (ADC). L'amplificador també està equipat amb convertidors digital a analògic (DAC) que permeten la generació de diferents senyals com ones sinusoidals que es poden enviar a les entrades del amplificadors per a proves i per calibrar el sistema. També es pot verificar la impedància de cada elèctrode aplicant una petita a través de cada elèctrode individualment i mesurant les caigudes de voltatge. Tots aquests components formen part de la "part aplicada" del dispositiu, ja que el pacient/participant està en contacte amb aquesta part del dispositiu mitjançant els elèctrodes. La part següent del dispositiu està separades mitjançant enllaços òptics del pacient/participant. Seguidament els senyals digitalitzats es passen a un

processador de senyals digitals (DSP) per al seu posterior processament. El DSP realitza un mostreig excessiu, i filtre Notch per netejar la senyal del soroll de les interferències elèctriques. Finalment les dades processades s'envien a un controlador que transmet les dades a través d'USB al ordinador (Ortner, Grünbacher, & Guger, 2013).

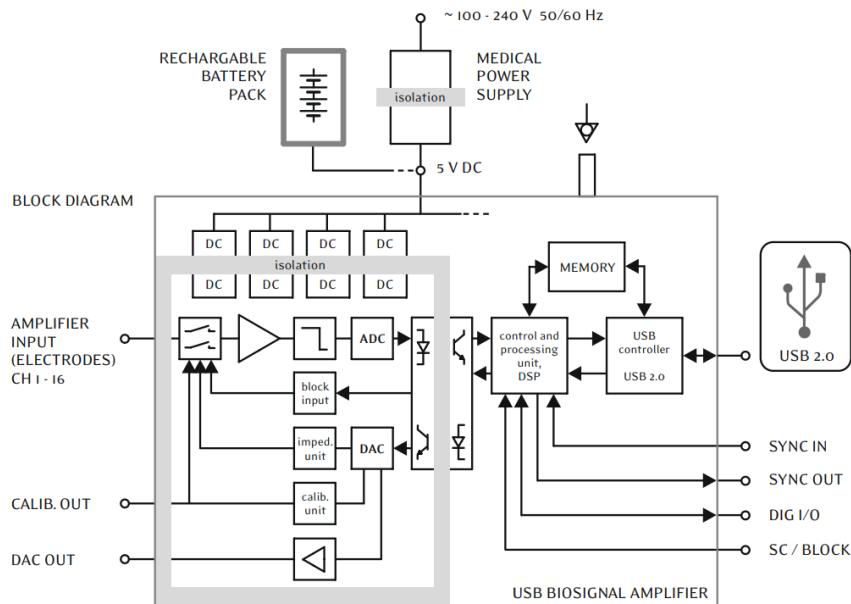


Figura 31. Diagrama de blocs de l'amplificador.

9.5. Tipus de gravacions

Es van realitzar dos gravacions d'EEG a cada participant, primerament estant en repòs (deixant la ment en blanc) amb els ulls oberts i seguidament estan en repòs igualment però amb els ulls tancats. Cada gravació té una duració de 8 minuts. Les gravacions es van realitzar a la Universitat de Vic en aules on els participants poguessin estar tranquils.



Figura 32. Representació del una de les proves realitzada a un participant.

10. Processament de dades

10.1. Variables escollides al processar les dades.

Un cop obtingudes les dades van ser processades per tal de poder obtenir els resultats del estudi. Per calcular el BSI vam utilitzar 6 canals de cada banda: 'FC3', 'C5', 'C3', 'C1', 'CP3' per la banda esquerra i per la banda dreta: 'FC4', 'C2', 'C4', 'C6', 'CP2', 'CP4'. Els altres canals no van ser utilitzats ja que estan ubicats en el centre del cap i no ens proveïen informació útil. Els filtres es van aplicar depenent de amb quina banda freqüència volíem calcular el BSI: vam aplicar un filtre passa bandes de 1 a 25Hz (totes les bandes de freqüències), de 8 a 12Hz (banda alpha) o de 12 a 25Hz (banda beta). La freqüència de mostreig va ser remostrejada a 256Hz.

Seguidament les dades de cada participants van ser tallades en segments de 4 segons. Els dos primers segments de cada canal van ser eliminats ja que al aplicar els filtres, el senyal es veu afectat. Les dades es separen en segments per tal de estimar la densitat espectral de potencia (PSD) en cada segment. El PSD ens informa de com està distribuïda l'energia del senyal sobre diferents freqüències. Per calcular el PSD utilitzarem el mètode de Welch. Aquest mètode es basa en utilitzar estimacions del l'espectre de freqüències al convertir la senyal de domini del temps en domini de la freqüència (*Figura 33*).

Un cop estimat el PSD en cada segment, es realitza el promig de totes les estimacions i amb això queda calculat el PSD de cada canal. El mètode de Welch ve donat de la transformada de Fourier (FFT), que assumeix que el senyal és estacionari. Les dades obtingudes (dades d'EEG) no són dades estacionàries, això vol dir que no són constants durant el temps. Així doncs a aquests segments el hi apliquem una finestra Hamming (*Figura 34*). Aplicar una finestra ens ajuda a estacionar el senyal. Dintre de una finestra petita, s'espera que les propietats del senyal no variïn ràpid, amb lo qual es pot utilitzar el mètode de Welch. Aquest segments els sobreposem un 50% donant com a resultat 237 segments de 4 segons. La sobreposició dels segments ajuda a millorar l'estimació de l'espectre (*Figura 34*) (Heinzel, 2002). Vam utilitzar NFFT=1024 (nombre de punts de la transformada discreta de Fourier per estimar el PSD).

Les variables elegides al processar les dades (finestra Hamming, superposició de 50% i NFFT=1024) s'han elegit tenint en compte articles que tracten el BSI, intentant utilitzar les mateixes variables que ells. (Agius Anastasi, Falzon, Camilleri, Vella, & Muscat, 2017a; van Putten, 2006; Van Putten et al., 2004; Van Putten & Tavy, 2004; Vos, Maarseveen, Brouwers, & Putten, 2008)

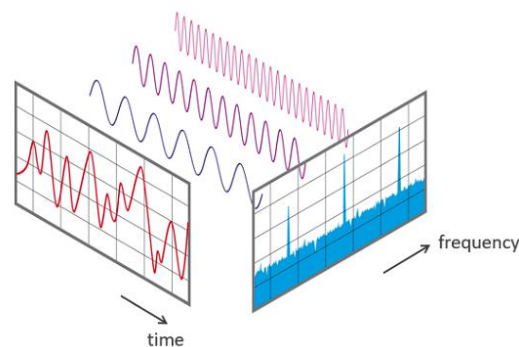


Figura 33. Representació en el domini del temps i en el domini de la freqüència.

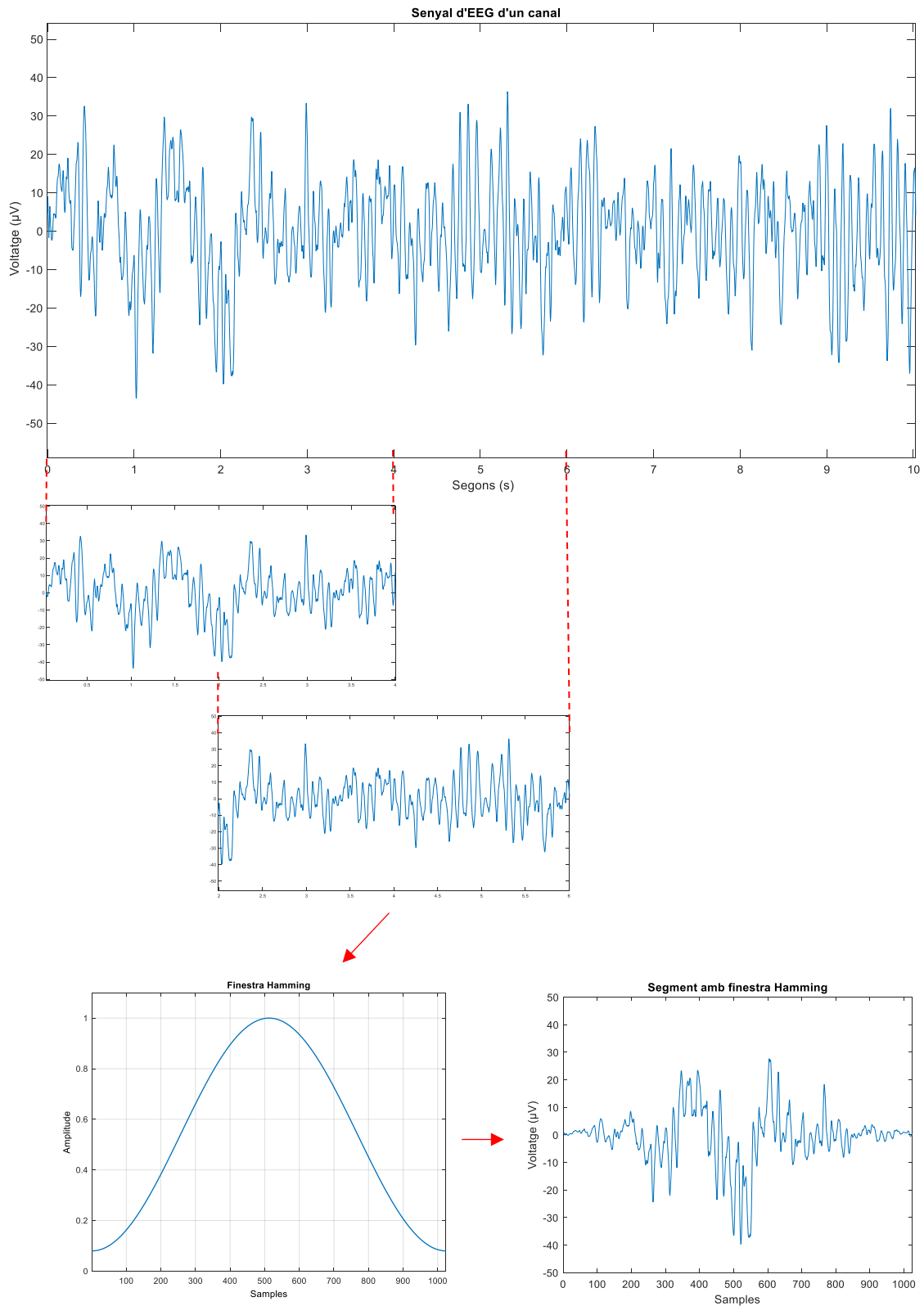
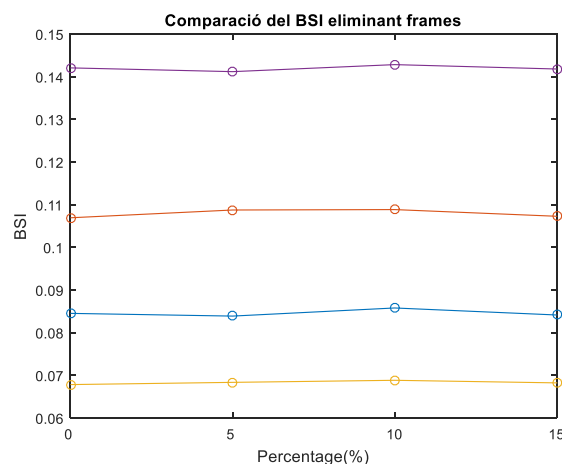


Figura 34. Representació de tallar la senyal en segments, superposar segments i aplicar finestres en cada segment.

10.2. Eliminació d'artefactes

Un cop tenim el PSD de cada canal calculat, podem calcular el BSI tenint en compte quins canals són del costat esquerra y quins són de la dreta. Abans però, hem de eliminar els artefactes de la senyal. Primerament detectem en quin segments hi ha artefactes provocats per possibles badalls, moviments musculars... El mètode utilitzat es basa en eliminar els segments on el senyal cau fora 1.5 vegades la desviació estàndard (Agius Anastasi, Falzon, Camilleri, Vella, & Muscat, 2017b). Per exemple la desviació estàndard d'un canal és $50\mu\text{V}$, llavors el segment l'eliminarem si la desviació estàndard del segment sobrepassa 1.5 vegades la desviació estàndard del canal, en aquest cas $75\mu\text{V}$. Un cop s'ha detectat el segment del canal que conté un artefacte, s'eliminen el mateix segment de tots els canals. Donat que tenim 237 segments per cada canal (12 canals), si es detecta un artefacte en el segment 125 del canal 3, haurem de eliminar el segment 125 en tots el canals, per tal de que tots el canals tinguin la mateixa informació. Aquest mètode de detecció d'artefactes també s'utilitza per veure si en tot un canal hi ha artefactes, per exemple que l'elèctrode no obtingui bé el senyal del cervell. En aquest cas però primerament es calcula la desviació estàndard de tots els canals i després es calcula la desviació estàndard d'un canal i es compara i es mira si sobrepassa 1.75 vegades. Si sobrepassa, el canal complet s'elimina. En aquest cas el rang és més ampli (1.75, no 1.5) ja que no volem eliminar sense voler un canal que estigui bé, ja que eliminant un canal es perd molta més informació que no eliminant un segment (es perdria tota la informació d'un canal d'un hemisferi que el altre hemisferi segueix tenint) encara que també és important eliminar un canal ple d'artefactes ja que sinó aportaria molta més asimetria. Com podem veure a la *Gràfica 1* el BSI varia molt poc eliminant un % de segments bons (segments que no tenen artefactes) aleatòriament, això vol dir que el valor de 1.5 desviacions estàndards no es massa petit ja que elimina perfectament els artefactes que hi hagin i si elimina un segment bo, casi que no afecta en el valor final del BSI.

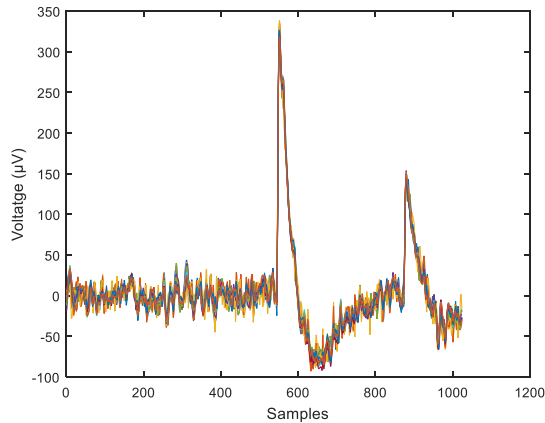


Gràfica 1. Eliminem aleatòriament segments en data sets (dades de gravacions) que no tenen cap artefacte per veure com eliminar segments sense artefactes afecta al BSI. Es veu representat el BSI per 0, 5, 10 i 15% de segments eliminats del total dels segments. Cada color representa un data set.

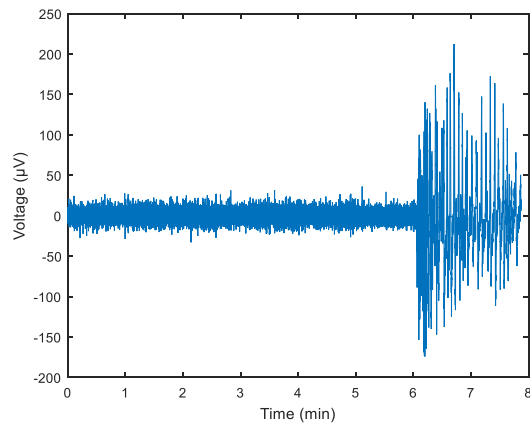
Per tenir una idea de quins artefactes ens trobem a dades d'EEG podem veure a la *Gràfica 2* on veiem que normalment cada canal està dintre del rang de $50\mu\text{V}$ però en un moment es dona un pic en tots els canals, possible problema amb la referència.

Un altre artefacte més inusual però que podem tenir se'ns ha donat al participant 12 quan ha realitzat la prova amb els ulls tancats. Si mirem la *Gràfica 3* podem veure com a partir del minut 6 el senyal d'EEG deixa de ser el normal (només representa un canal dels 16). A la *Gràfica 4* podem veure la representació del 16 canals al voltant del minut 6 per tal de veure quins canals es veuen afectats i poder trobar una conseqüència a aquest gran artefacte. La gran majoria de

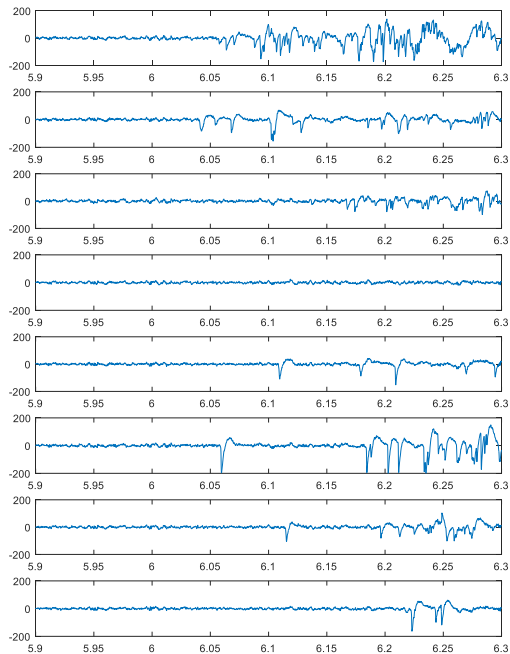
canals es veuen afectats però no és es veuen afectats de la mateixa manera. La causa d'aquest artefacte no pot ser un problema amb la referència (que no hi hagués prou gel o que se l'hagués tocat) ja que tots els canals es veurien afectats de la mateixa manera. Tampoc pot ser que estigui connectada malament la g.GAMMAbox perquè el senyal s'aniria a 0V. Una de les possibles causes es que el participant s'estava adormint i realitzava moviments amb el cap molt exagerats al adormir-se. Al produir-se els artefactes en tots els canals, per netejar el senyal s'han eliminat els 31 segments afectats. Si només s'hagués produït a un canal, s'hagés eliminat aquell canal deixant els segments dels altres canals intactes.



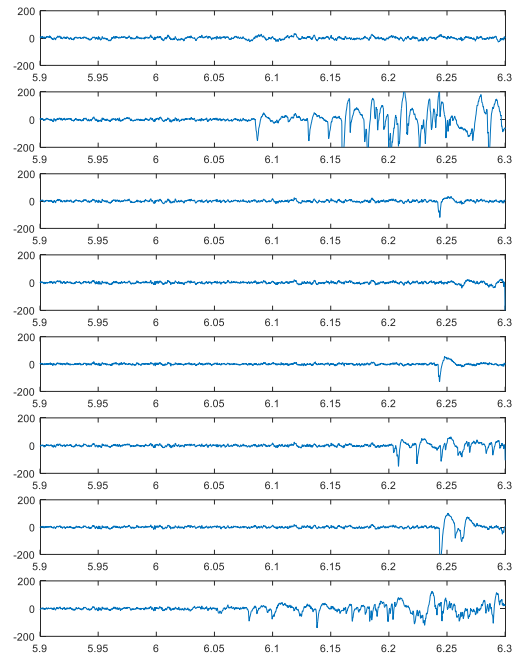
Gràfica 2. Artefacte en el segment 33 del participant 15 amb els ulls oberts. Cada color representa un canal. Podem veure com a la meitat del segment tots els Canals experimenten un artefacte: possible problema amb la referència.



Gràfica 3. Artefacte a nivell de tot el canal.



Gràfica 4. Representació dels 16 canals en el minut 6. Gairebé tots els canals presenten artefactes (Canals disposats: 1-2,3-4,5-6,7-8,9-10,11-12,13-14,15-16).



10.3. Programes realitzats per el processament

Tot aquest processament es va realitzar amb MatLab (The Mathworks Inc.) amb un programa principal que depèn de tres funcions. En el programa principal anomenat *calculate_bsi_tfg.m* especifiquem els valors de les variables abans anomenades i el layout utilitzat (s'anomena layout a la disposició dels elèctrodes), a més conté l'estructura de les carpetes per calcular de cada participant el BSI i com a resultat ens dona una taula on anotem totes les coses que en poden resultar interessants a part del BSI. La taula té el aquest format:

ID	Estat	BSI	LAYOUT	Canals esquerra	Canals dreta	Frames totals	Frames eliminats
'10016'	'Close'	0,1178	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	5

On es mostra l'ID que el tenim relacionat amb l'edat, l'estat dels ulls, els bsi obtingut, el layout utilitzat ('FC3','FCZ','FC4','C5','C3','C1','CZ','C2','C4','C6','CP3','CP1','CPZ','CP2','CP4','PZ'), els canals de l'esquerra i de la dreta utilitzats per calcular el BSI (podem veure si hi ha canals eliminats), els segments totals en el que hem partit els canals i el número de segments que hem eliminat.

Dins del programa principal cridem la funció *bsi_function.m*. En aquesta funció triem quins elèctrodes utilitzats són del costat esquerra i quin són del costat dret i calculem el bsi per la freqüència especificada, però abans cridem dos funcions més. Primerament *bsi_artifacts.m* que tal com indica el nom detectem tots els artefactes, i seguidament la funció *psd_welch.m* on es calcula el PSD de cada canal amb els artefactes ja eliminats. Així doncs retornem el PSD de cada canal a la funció *bsi_function.m* per tal de que pugui calcular el BSI.

```
SS=Y(f_grens:F_grens,:);
SSR=SS(:,R); % right hemisphere
SSL=SS(:,L); % left hemisphere

%Calculate bsi
B=(mean(SSR')-mean(SSL')) ./ (mean(SSR')+mean(SSL));
bsi=mean(abs(B));
```

Figura 35. Tros de programa on es calcula el BSI un cop processat les dades. La variable 'Y' conté el PSD de cada canal. 'SS' conté els PSD de tots els canals però només entre les freqüències especificades. Es separa depenen de la dreta i de la esquerra. Finalment es reproduïx la fórmula abans especificada del Brain Symmetry Index revisat. Aquest tros de programa va ser implementat gràcies a que el autor del mètode del Brain Symmetry revisat (Van Putten) ens ho va enviar.

Aquest BSI (juntament amb el layout, els canals utilitzats, el número de frames i els frames utilitzats) es retorna a la funció *calculate_bsi_tfg.m* on s'omple la taula mostrada anteriorment per el participant i l'estat dels ulls indicat. Obtenim l'ID i l'estat dels ulls gràcies al nom del fitxer. Seguidament es procedeix a fer el mateix amb el següent fitxer d'EEG.

11. Anàlisis de dades i estudi estadístic

Per analitzar si hi ha cap significança estadística entre els rangs d'edats, entre els ulls oberts i tancats i entre les diferents bandes de freqüències utilitzarem el Mann-Whitney U-test que és equivalent al Wilcoxon rank sum, i té una funció implementada en el Matlab. Utilitzem aquest mètode ja que és un mètode no paramètric per a dos variables independents i no requereix distribucions normals. El nivell de significança es determinat per $p < 0.05$. Aquest mètode i aquests nivell de significança també és utilitzat en articles similars.

12. Resultats

Els resultats que hem obtingut (expressats en el Annex 3: *Taules amb els resultats*) els hem representat en diagrames de caixes, ja que pensem que és el gràfic que mostrarà millor tota la informació. Un diagrama de caixa representa gràficament una sèrie de dades numèrics a través de quartils, poden veure fàcilment la mitjana, els quartils, el màxim i mínim, i els valors atípics. A la *Figura 36* podem veure un exemple de un diagrama de caixes on es veu representat els quartils Q1 (25% de les dades) i Q3(75% de les dades), en groc veiem la mitjana (50% de les dades), als costats trobem els bigotis que representen el mínim i el màxim valor de les dades i també podem observar com a punts verds els valors atípics de les dades.

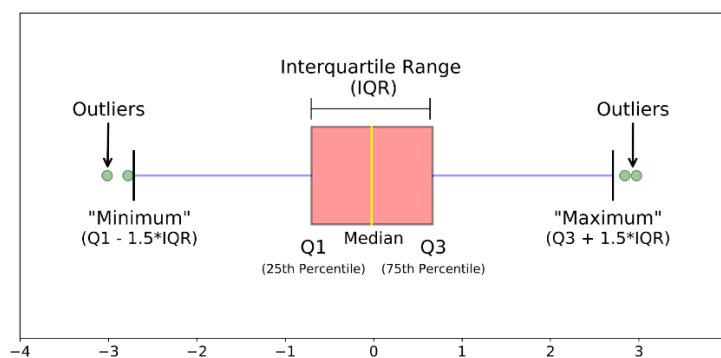
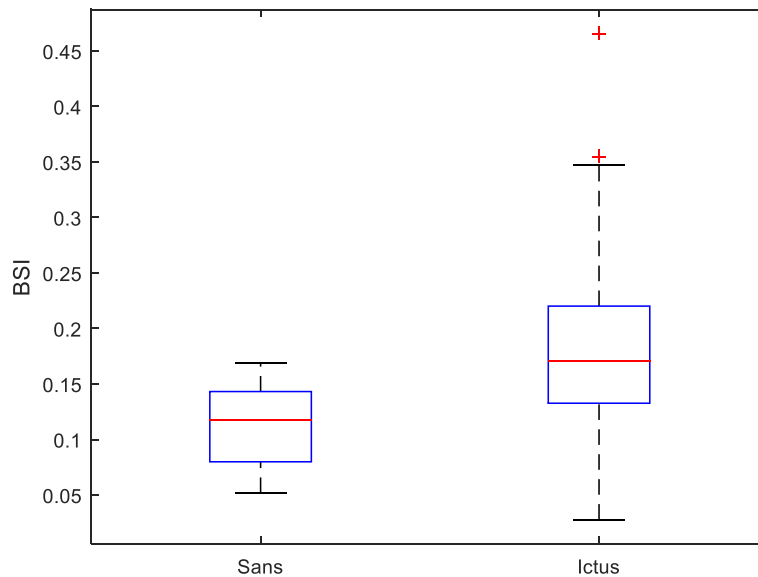


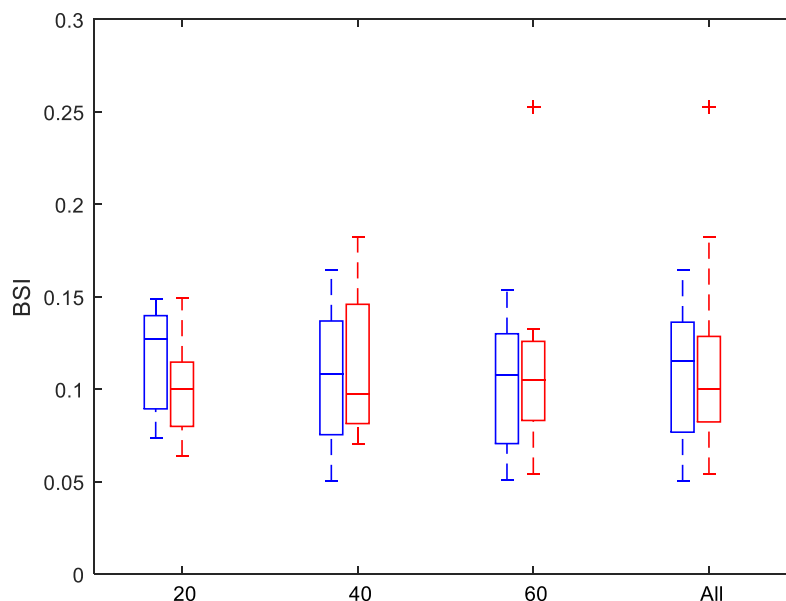
Figura 36. Explicació i representació d'un diagrama de caixes.

A la *Gràfica 5* podem veure representat dos diagrames de caixes per fer una comparació entre el BSI obtingut en les 32 persones sanes que hem gravat per aquest treball (de totes les edats amb els ulls oberts i tota la banda de freqüència) i 50 persones amb ictus, dades deixades per l'empresa G.tec Medical Engineering. S'ha trobat una significança estadística amb un $p\text{-value}=3.2695e-06$. Podem veure que la variància del BSI de persones sanes és molt més petita que el de les persones amb ictus. També podem observar que el valor de BSI en persones sanes acostuma a ser més petit que amb persones amb ictus. Això ens verifica la teoria comentada anteriorment, on dèiem que les persones sanes tenen una alta simetria entre hemisferis i les persones amb ictus acostumen a tenir més asimetria (tenir en compte que hi ha diferents graus d'ictus que poden afectar més o menys a la simetria dels hemisferis). També podem definir un possible rang del valor del BSI en persones sanes: de 0.0518 a 0.1688 amb la mitjana a 0.1173. Això vol dir que una persona sana en repòs i amb els ulls oberts té un BSI pròxim a 0.1173 tenint en compte que el mínim és 0.0518 i el màxim 0.1688. (Aquesta comparació s'ha realitzat amb dades d'ulls oberts degut a que les dades de pacients d'ictus estan realitzades amb ulls oberts).



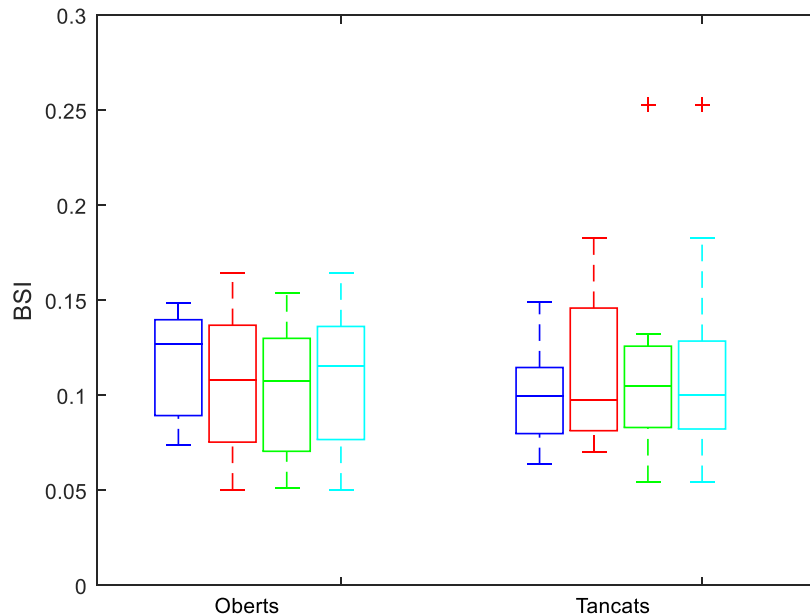
Gràfica 5. Comparació del valor del BSI entre persones sanes i persones amb ictus.

Seguidament hem comparat el BSI obtingut per diferents edats depenen de si l'estat de repòs era amb els ulls oberts o amb els ulls tancats. A la Gràfica 6 podem veure com amb els ulls tancats tendeix a tenir una variància més petita i un valor mitja de BSI una mica més petit. Tot i així no hi ha una significança estadística, ni en el rang de 20 anys que té el amb *p-value* més baix: 0.2973



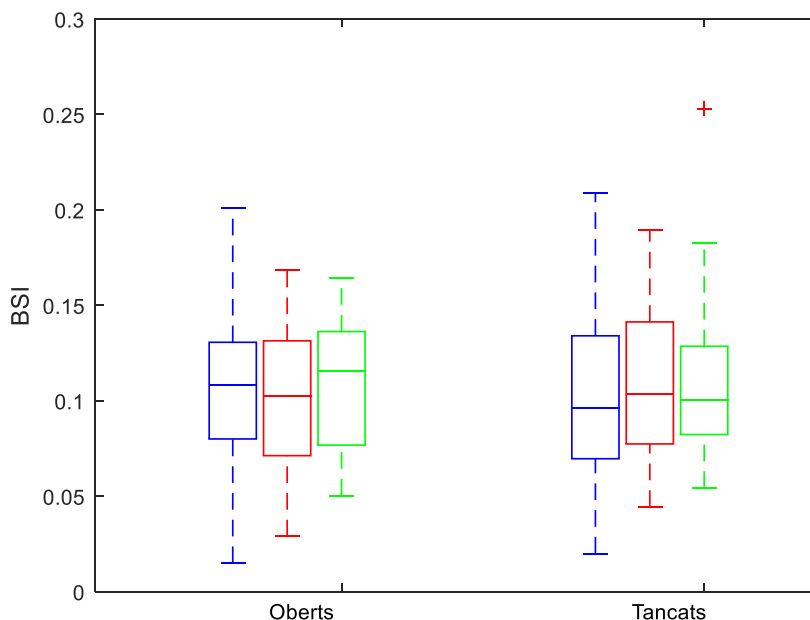
Gràfica 6. Comparació del BSI amb ulls oberts i ulls tancats depenen l'edat. En blau ulls oberts i en vermell ulls tancats. Tenim en compte tota la banda de freqüència.

A la Gràfica 7 expressem els mateixos resultats però fent més fàcil veure depenen si és amb els ulls tancats o oberts, si el BSI varia segons la edat. Mirant únicament el gràfic podem veure que ni amb els ulls oberts ni amb els ulls tancats hi ha una progressió de pèrdua de simetria tal com havíem pensat que podria ser durant la edat. Tampoc hi ha cap significança estadística, sent el *p-value* més baix entre el rang de 20 i de 60 amb els ulls oberts amb un valor de 0.3233.



Gràfica 7. Comparació del BSI entre edats depenen si és amb els ulls oberts o ulls tancats. En blau el rang de 20 anys, en vermell el rang de 40 anys, en verd el rang de 60 anys i en cyan totes les edats.

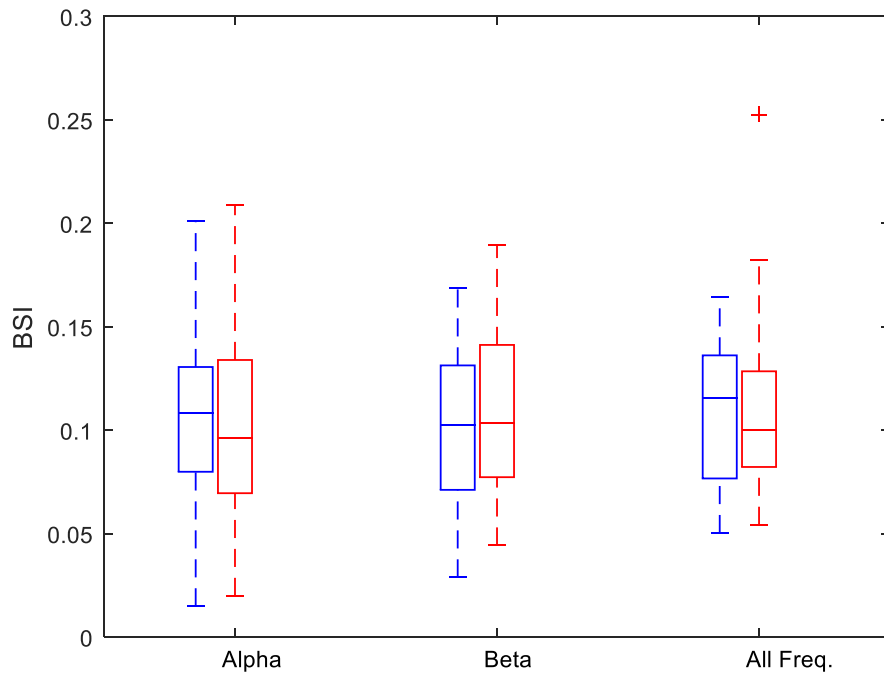
Un altre factor a tenir en compte és la banda de freqüència escollida. De moment hem treballat amb una banda de freqüència de 1 a 25Hz, la definida amb el Brain Symmetry Index. A continuació veurem com es comporta el BSI depenen de la banda de freqüència escollida; alpha (de 8 a 12Hz) o beta (12 a 25Hz). No hem trobat cap significança estadística entre edats i bandes de freqüència, per el que hem deixat de fixar-nos a la separació entre rangs d'edats per tractar les dades amb totes les edats juntes. A la Gràfica 8 podem observar com calcular el BSI tenint els ulls oberts o tancats per diferents bandes de freqüències no hi ha gaire diferència.



Gràfica 8. Comparació del BSI depenen entre les diferents bandes de freqüències depenen si és amb els ull oberts o ulls tancats. En blau la banda alpha, en vermell la banda beta i en verd tota la banda de freqüència.

A la Gràfica 9 observem els mateixos resultats però fixant-nos més en les bandes de freqüència. Calcular el BSI només amb la banda alpha o beta no ens és un avantatge ja que per exemple amb

la banda alpha tenim molta més variància i amb totes les freqüències tenim menys variància. No hem trobat cap significança estadística remarcable.



Gràfica 9. Comparació del BSI depenent si és amb els ulls oberts o tancats i depenent de les diferents bandes de freqüències. En blau ulls oberts i en vermell ulls tancats.

Apart dels resultats dels BSI que hem trobat per els diferents paràmetres, també volem remarcar que hem trobat que amb els ulls tancats hem eliminat menys segments per causa de artefactes. Amb els ulls oberts hem eliminat 77 segments entre tots els participants, i amb els ulls tancats 76, però de un mateix participant 31 (aquests no els tenim en compte ja que pot ser un cas aïllat) llavors amb els ulls tancats només 45 segments eliminats entre tots els participants. Això vol dir que en repòs amb els ulls tancats es produeixen menys artefactes que en repòs amb els ulls oberts.

13. Conclusions

L'objectiu principal d'aquest treball era poder conèixer més a fons el Brain Symmetry Index. Gràcies això hem pogut verificar que les persones sanes, estant en repòs, presenten simetria en l'activitat elèctrica cerebral entre l'hemisferi dret i l'hemisferi esquerra. Hem trobat un rang de valors per aquest índex per les persones sanes i hem pogut veure com les persones sanes tenen més simetria que les persones amb ictus.

Les nostres hipòtesis abans plantejades no han sigut demostrades, per el qual podem dir que la simetria entre els dos hemisferis en persones sanes estant en repòs no varia depenent l'edat, això ens fa que el Brain Symmetry Index sigui un paràmetre més global al no variar significativament entre edats. L'altre hipòtesis que tampoc hem pogut demostrar és que separant per bandes de freqüències podríem calcular millor el Brain Symmetry Index, per tant podem dir que per calcular el Brain Symmetry Index és millor agafar tota la banda de freqüència (1-25 Hz). I per últim tampoc hem pogut demostrar significativament que amb els ulls tancats ens sigues més fàcil calcular el Brain Symmetry Index, encara que hem pogut veure que tendeix a tenir menys variància. Un altre punt a favor de realitzar la gravació amb els ulls tancats és que té menys eliminacions de segments. Com hem vist abans, per calcular el BSI no ens afecta gaire l'eliminació d'un percentatge de segments degut a artefactes, però podria ser que per un altre paràmetre o en gravacions de poc temps sigui molt important que no hi hagi eliminacions de artefactes. Per tant podem dir que significativament la gravació amb ulls tancats no és eficaç però podria resultar interessant.

A tot això, volem afegir que hem tractat amb dades d'EEG en repòs, que són dades molt variables, ja que tracten de que el participant es centri en deixar la ment en blanc. Si el participant no es relaxa, o pensa en fer determinats moviments, o un estímul extern el distrau, les dades són contaminades, ja que no serien dades d'EEG en repòs estrictament. Llavors el Brain Symmetry Index parteix d'aquesta variabilitat. Una recerca que podríem haver fet és estudiar aquesta variabilitat durant el temps. Realitzar, per exemple, cada mes al mateix participant les mateixes dos gravacions (en repòs ulls oberts i ulls tancats) i mirar com varia. Podríem esbrinar si per exemple amb ulls tancats el Brain Symmetry Index varia menys que amb els ulls oberts durant el temps, i ens podria a ver ajudat també a decidir si és millor fer les gravacions amb els ulls oberts o tancats. Una altra recerca que es podria fer, és estudiar el Brain Symmetry Index en EEG en motor imagery, en contés d'EEG en repòs, i calcular la asimetria. Ja que amb el motor imagery forcem la asimetria, reduïm la variabilitat abans esmentada (potser és més fàcil per una persona concentrar-se en el moviment de una extremitat (asimetria total) que estar en repòs (simetria total)).

Per concloure el treball, podem dir que hem realitzat un estudi biomèdic real de principi a fi, passant des de la recerca d'informació, obtenint les dades, processant-les i obtenint uns resultats.

14. Agraïments

Primerament donar les gràcies a l'empresa G.tec Medical Engineering per tots els materials deixats i l'ajuda rebuda al realitzar el treball, en específic a en Marc Sebastian, en Josep Dinarès i en Rupert Ortner. També agrair a en Jordi Solé Casals l'ajuda rebuda en tot el necessari i la tutorització aportada per el desenvolupament d'aquest Treball de Final de Grau. I finalment agrair a les 32 persones que van participar en aquest estudi, ja que sense la seva disponibilitat i la seva implicació aquest treball no s'hauria pogut realitzar.

15. Bibliografia

- Agius Anastasi, A., Falzon, O., Camilleri, K., Vella, M., & Muscat, R. (2017a). Brain symmetry index in healthy and stroke patients for assessment and prognosis. *Stroke Research and Treatment*, 2017. <http://doi.org/10.1155/2017/8276136>
- Agius Anastasi, A., Falzon, O., Camilleri, K., Vella, M., & Muscat, R. (2017b). Brain symmetry index in healthy and stroke patients for assessment and prognosis. *Stroke Research and Treatment*, 2017. <http://doi.org/10.1155/2017/8276136>
- Barry, R. J., Clarke, A. R., Johnstone, S. J., Magee, C. A., & Rushby, J. A. (2007). EEG differences between eyes-closed and eyes-open resting conditions. *Clinical Neurophysiology*, 118(12), 2765–2773. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.07.028>
- Bernhardard Graimann, Brendan Allison. (2010). Brain-Computer Interfaces: Revolutionizing Human-Computer Interaction. The frontier Collection
- Fanciullacci, C., Bertolucci, F., Lamola, G., Panarese, A., Artoni, F., Micera, S., ... Chisari, C. (2017). Delta Power Is Higher and More Symmetrical in Ischemic Stroke Patients with Cortical Involvement. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11(July), 1–10. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00385>
- Heinzel, G. (2002). Spectrum and spectral density estimation by the Discrete Fourier transform (DFT), including a comprehensive list of window functions and some new flat-top windows, 1–84. <http://doi.org/395068.0>
- Hübner, D., Schall, A., Prange, N., & Tangermann, M. (2018). Eyes-Closed Increases the Usability of Brain-Computer Interfaces Based on Auditory Event-Related Potentials. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12(September), 1–10. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00391>
- Ortner, R., Grünbacher, E., & Guger, C. (2013). State of the Art in Sensors, Signals and Signal Processing. *Gtejapan.Com*, 1–18. <http://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.010>
- Sierningstrasse, G., & Tel, E. (2016). User manual v5.14.00, (43).
- van Putten, M. J. A. M. (2006). Extended BSI for continuous EEG monitoring in carotid endarterectomy. *Clinical Neurophysiology*, 117(12), 2661–2666. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.08.007>
- van Putten, M. J. A. M. (2007). The revised brain symmetry index. *Clinical Neurophysiology*, 118(11), 2362–2367. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.07.019>
- Van Putten, M. J. A. M., Kind, T., Visser, F., & Lagerburg, V. (2005). Detecting temporal lobe seizures from scalp EEG recordings: A comparison of various features. *Clinical Neurophysiology*, 116(10), 2480–2489. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.06.017>
- Van Putten, M. J. A. M., Peters, J. M., Mulder, S. M., De Haas, J. A. M., Bruijninx, C. M. A., & Tavy, D. L. J. (2004). A brain symmetry index (BSI) for online EEG monitoring in carotid endarterectomy. *Clinical Neurophysiology*, 115(5), 1189–1194. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2003.12.002>
- Van Putten, M. J. A. M., & Tavy, D. L. J. (2004). Continuous quantitative EEG monitoring in hemispheric stroke patients using the brain symmetry index. *Stroke*, 35(11), 2489–2492. <http://doi.org/10.1161/01.STR.0000144649.49861.1d>
- Vos, C. C. De, Maarseveen, S. M. Van, Brouwers, P. J. a M., & Putten, M. J. a M. Van. (2008). Continuous EEG Monitoring During Thrombolysis in Acute. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 25(2), 77–82.
- Psicología y mente. (2018). *Tipos de neuronas: características y funciones*. Recuperat el 10 de Novembre de 2018, de <https://psicologiaymente.com/neurociencias/tipos-de-neuronas>
- Brain Evolution System (2018). Discovering Brainwaves. Recuperat el 15 de Novembre de 2018 de <https://www.brainev.com/core/research-benefits/Brainwaves.aspx>
- Biomedresearches (2012, abril 18). *Understanding EEG Part1, What is electroencephalography (EEG)?* [Vídeo] Recuperat de https://www.youtube.com/watch?v=zsuu_OwTzyY

Biomedresearches (2012, març 26). *Understanding EEG Part2, What is electroencephalography (EEG)?* [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=wTnUMm7AXog>

Biomedresearches (2012, maig 7). *Understanding EEG Part8:EEG Localitzation and amplifiers, What is electroencephalography(EEG)?* [Vídeo] Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=MIS0dLCXIME>

UCL Medical Physics and Biomedical Engineering (2012, maig 1). *EEG and Action Potentials.* [Vídeo]. Recuperat de <https://www.youtube.com/watch?v=86zla3pGM50>

Figura 1. Parts de l'encèfal. Recuperat de <https://psicologiaymente.com/neurociencias/partes-cerebro-humano>

Figura 2. Capes que protegeixen l'encèfal. Recuperat de <https://www.thoughtco.com/brain-anatomy-meninges-4018883>

Figura 3. Hemisferis del cervell. En taronja l'esquerra i en lila el dret. Recuperat de <http://ib.bioninja.com.au/options/option-a-neurobiology-and/a2-the-human-brain/cerebral-hemispheres.html>

Figura 4. Lòbuls del cervell. Recuperat de https://ca.wikipedia.org/wiki/L%C3%B2bul_cerebral

Figura 5. Parts principal d'una neurona Recuperat de http://www.lareserva.com/home/Cuales_son_las_partes_de_una_neurona

Figura 6. Procés de la sinapsis Recuperat de <https://respuestas.tips/que-son-neurotransmisores/>

Figura 7. Procés de transmissió de senyal de una neurona. Recuperat de <http://biologiaaduni.blogspot.com/2011/09/neurona-unidad-estructural-y-funcional.html>

Figura 8. Tipus de neurona per la seva morfologia. Recuperat de <https://psicologiaymente.com/neurociencias/tipos-de-neuronas>

Figura 9. Còrtex cerebral. Recuperat de <https://image.slidesharecdn.com/braincorticalregionsandfunctions-131005015802-phpapp02/95/brain-cortical-regions-and-functions-4-638.jpg?cb=1380938495>

Figura 10. Neurona piramidal. Recuperat de <https://slideplayer.es/slide/10458471/33/images/5/TIPOS+DE+NEURONAS+Seg%C3%BAn%3A+prolongaciones%2C+longitud+del+ax%C3%B3n%2C+forma+del+pericarion.+Neurona+bipolar..jpg>

Figura 11. Mètodes per mesurar l'activitat del cervell. Recuperat de Bernhardard Graimann, Brendan Allison. (2010). *Brain-Computer Interfaces: Revolutionizing Human-Computer Interaction.* The frontier Collection

Figura 13. Representació l'obtenció de l'activitat elèctrica produïda per les neurones piramidals en el còrtex. Recuperat de <https://drbernalneurologo.net/2015/12/22/que-es-un-electroencefalograma/>

Figura 14. Exemples de amplificadors diferencials. Recuperat de <https://www.ebme.co.uk/articles/clinical-engineering/introduction-to-eeeg>

Figura 15. Amplificador amb referència comuna Recuperat de <https://www.ebme.co.uk/articles/clinical-engineering/introduction-to-eeeg>

Figura 16. Amplificador en bipolar. Recuperat de <https://www.ebme.co.uk/articles/clinical-engineering/introduction-to-eeeg>

Figura 17. Referència amb mitjana de referència. Recuperat de <https://www.ebme.co.uk/articles/clinical-engineering/introduction-to-eeeg>

Figura 18. Sistema 10-20 d'un cap d'EEG. Recuperat de Bernhardard Graimann, Brendan Allison. (2010). Brain-Computer Interfaces: Revolutionizing Human-Computer Interaction. The frontier Collection

Figura 19. Representació de 9 canals d'EEG. Cada canal representa la senyal obtinguda en la posició especificada. Recuperat de <https://www.biofeedback-tech.com/articles/2017/9/19/quantitative-eeg-and-databases-meg5l>

Figura 20. Bandes de freqüència recuperat de <http://proyectoidis.org/electroencefalograma-eeeg/>

Figura 21. Representació del Brain Symmetry Index. Recuperat de Van Putten, M. J. A. M., Kind, T., Visser, F., & Lagerburg, V. (2005). Detecting temporal lobe seizures from scalp EEG recordings: A comparison of various features. *Clinical Neurophysiology*, 116(10), 2480–2489. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.06.017>

Figura 22. Relació entre el BSI original i el BSI revisat. Recuperat de van Putten, M. J. A. M. (2007). The revised brain symmetry index. *Clinical Neurophysiology*, 118(11), 2362–2367. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.07.019>

Figura 23. El BSI revisat per diferents números de canals bipolars. recuperat de van Putten, M. J. A. M. (2007). The revised brain symmetry index. *Clinical Neurophysiology*, 118(11), 2362–2367. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.07.019>

Figura 31. Diagrama de blocs de l'amplificador. Recuperat de Ortner, R., Grünbacher, E., & Guger, C. (2013). State of the Art in Sensors, Signals and Signal Processing. *Gtecjapan.Com*, 1–18. <http://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.010>

Figura 33. Representació en el domini del temps i en el domini de la freqüència. Recuperat de <https://www.nti-audio.com/en/support/know-how/fast-fourier-transform-fft>

Figura 36. Explicació i representació d'un diagrama de caixes. Recuperat de <https://towardsdatascience.com/understanding-boxplots-5e2df7bcbd51>



16. ANEEX

Annex 1: Consentiment informat

FULL DE CONSENTIMENT INFORMAT DEL PACIENT PER AL REGISTRE D'EEG

Títol: *Anàlisi de la simetria de l'activitat elèctrica del cervell mitjançant electroencefalografia (EEG)*

Introducció: A través d'aquest full informatiu se'l convida a participar en un projecte d'investigació realitzat en persones sanes. Llegeixi detingudament la informació que se li proporciona en aquest full. La seva participació és voluntària i si vol pot decidir no participar-hi. Pot sol·licitar als professionals responsables del projecte d'investigació els aclariments que requereixi per a l'atorgament d'aquest consentiment.

Justificació i objecte de l'estudi: Aquest projecte es porta a terme com a Treball Final de Grau amb l'objectiu de mesurar el grau de simetria de l'activitat elèctrica del cervell.

Responsables de l'estudi: L'estudi es realitza a la Universitat de Vic, per part del grup de recerca Tractament de Dades i Senyals (TDS). L'investigador principal és el Dr. Jordi Solé Casals.

Mètode aplicable: El present estudi consisteix en enregistrar l'activitat elèctrica del cervell mitjançant uns elèctrodes col·locats sobre del cap, sense cap mena d'efecte cap al participant.

Beneficis potencials per al subjecte: L'estudi no comporta cap benefici ni cap inconvenient per al subjecte que decideix participar-hi.

Riscos o molèsties que poden derivar-se de l'estudi: El mètode de recollida de dades no implica cap risc ni cap molèstia per al subjecte participant.

Protecció de drets del pacient: Les seves dades seran confidencials i se li garanteix que el seu nom no formarà part de cap publicació o informe relatiu a l'estudi. Tots els resultats obtinguts es faran constar en una base de dades en la que es mantindran anònims de forma permanent mitjançant una codificació. En qualsevol moment vostè pot abandonar la recollida de dades i revocar el seu desig de participar en aquest estudi.

Dades que es recolliran: edat, sexe, dades de contacte.

Protecció de dades i confidencialitat: Segons la Llei Orgànica 15/1999 de Protecció de Dades de Caràcter Personal es garanteix que el participant tindrà poder de control sobre les seves dades personals tenint dret d'accés, rectificació, cancel·lació i oposició.

Persona de contacte: En cas de dubte o necessitat pot contactar amb l'investigador principal de l'estudi a través telèfon o del correu electrònic que s'indica a continuació:

Telèfon: 938815519

Correu electrònic: jordi.sole@uvic.cat

Consentiment: Se m'ha informat suficientment de l'abast de l'estudi i de les seves característiques, i aclarits els dubtes que s'han manifestat, així com de la possibilitat de desistir en qualsevol moment de la meva participació, lliurement DONO EL MEU CONSENTIMENT per a la recollida de dades d'EEG.

Lloc i data: Vic, de de 2018.

Dades del participant:


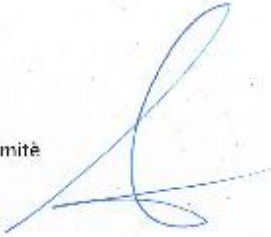
Nom i cognoms:

DNI:

Signatura:



Annex 2: Informe dictamen favorable

	<p style="text-align: right;">Informe dictamen favorable Projecte d'investigació Codi intern: 69/2018 3 de desembre de 2018</p>
<hr/>	
<p>Dr. Jordi Vilà Freixa President del Comitè d'Ètica de la Recerca de la UVic-UCC</p>	
<p>CERTIFICA</p>	
<p>Que el CER de la UVic-UCC en la seva reunió del dia 3 de desembre de 2018, ha avaluat el projecte de recerca: Títol: Capacitació de dades de subjectes sans per millorar el control de "Brain-Computer Interfaces" Codi Intern: 69/2018. IP: Jordi Solé Casas.</p>	
<p>Considera que:</p> <ul style="list-style-type: none">- Es compleixen els requisits necessaris d'idoneïtat en relació amb els objectius i el disseny metodològic.- Es compleixen els requisits ètics, tant en l'obtenció del consentiment informat com en els aspectes vinculats a la confidencialitat.- La competència de l'IP i els mitjans disponibles són apropiats per a desenvolupar l'estudi.	
<p>Per la qual cosa el CER emet un DICTAMEN FAVORABLE¹.</p>	
<p>03/12/2018</p>	
<p>Firma del president del comitè</p>	
<hr/> <p>¹ Un dictamen favorable comporta per l'investigador principal les següents obligacions:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Presentar, si escau, el projecte a convocatòries externes (competitives o no) amb els mateixos elements essencials que han estat avaluats favorablement pel CER.b) Desenvolupar, si escau, el projecte amb els mateixos elements essencials que han estat avaluats favorablement pel CER.c) Presentar una memòria justificativa de complació del projecte a la seva finalització, incloent un resum de màxim 5000 caràcters i tots els documents que es consideri necessari fer arribar al CER. Aquest material es conservarà als arxius de la UVic-UCC per a futures revisions.	

Annex 3: Taules amb els resultats

Rang: 20 anys Banda de freqüència: tota

ID	ESTAT	BSI	LAYOUT	CANALS ESQ.	CANALS DRETA	SEGMENTS TOTALS	SEGMENTS ELIMINTS
'10002'	'Close'	0,08382264	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10002'	'Open'	0,09172644	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	7
'10009'	'Close'	0,10756341	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10009'	'Open'	0,12690564	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	2
'10011'	'Close'	0,06790084	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10011'	'Open'	0,07359176	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10013'	'Close'	0,09593884	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10013'	'Open'	0,1486202	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	8
'10016'	'Close'	0,11752364	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	5
'10016'	'Open'	0,13432452	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10017'	'Close'	0,14913698	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	10
'10017'	'Open'	0,13740109	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10021'	'Close'	0,09985267	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 10 14 15]	237	1
'10021'	'Open'	0,11332669	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 14 15]	237	3
'10022'	'Close'	0,06370454	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[8 9 10 14 15]	237	0
'10022'	'Open'	0,08210451	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10032'	'Close'	0,11363011	1x16 cell	[1 4 5 6 11]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10032'	'Open'	0,14672379	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	3

Rang: 40 anys Banda de freqüència: tota

ID	ESTAT	BSI	LAYOUT	CANALS ESQUERRA	CANALS DRETA	SEGMENTS TOTALS	SEGMENTS ELIMINTS
'10006'	'Close'	0,09151464	1x16 cell	[1 4 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10006'	'Open'	0,0793547	1x16 cell	[1 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10007'	'Close'	0,14998332	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10007'	'Open'	0,12860224	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10008'	'Close'	0,15349826	1x16 cell	[1 4 5 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	7
'10008'	'Open'	0,16445765	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	9
'10018'	'Close'	0,18253024	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10018'	'Open'	0,15862474	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10020'	'Close'	0,14174842	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10020'	'Open'	0,13500778	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 10 14]	237	1
'10023'	'Close'	0,0744734	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10023'	'Open'	0,07134844	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 10 15]	237	0
'10026'	'Close'	0,08777216	1x16 cell	[1 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10026'	'Open'	0,09792303	1x16 cell	[1 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	3
'10027'	'Close'	0,07034689	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	1
'10027'	'Open'	0,0638978	1x16 cell	[4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	3
'10028'	'Close'	0,12898108	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[8 9 10 14 15]	237	0
'10028'	'Open'	0,13868927	1x16 cell	[1 5 6 11 12]	[3 8 9 10]	237	1
'10029'	'Close'	0,10064839	1x16 cell	[1 4 5 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10029'	'Open'	0,09328464	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10034'	'Close'	0,09458185	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[8 9 10 14 15]	237	2
'10034'	'Open'	0,05031797	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10035'	'Close'	0,07495365	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 14 15]	237	0
'10035'	'Open'	0,11817076	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0

Rang: 60 anys Banda de freqüència: tota

ID	ESTAT	BSI	LAYOUT	CANALS ESQ.	CANALS DRETA	SEGMENTS TOTALS	SEGMENTS ELIMINTS
'10001'	'Close'	0,11920974	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10001'	'Open'	0,06878372	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	4
'10003'	'Close'	0,25257518	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10003'	'Open'	0,05101602	1x16 cell	[1 4 6 11 12]	[3 8 9 14 15]	237	2
'10004'	'Close'	0,11515711	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	0
'10004'	'Open'	0,12037039	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	4
'10005'	'Close'	0,1280215	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 14 15]	237	0
'10005'	'Open'	0,13313293	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 14 15]	237	0
'10012'	'Close'	0,08069649	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	31
'10012'	'Open'	0,11760908	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	1
'10014'	'Close'	0,13243135	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 10 14 15]	237	5
'10014'	'Open'	0,14967036	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	0
'10015'	'Close'	0,1050133	1x16 cell	[1 4 5 6 11]	[3 8 9 10 14 15]	237	4
'10015'	'Open'	0,10739528	1x16 cell	[1 4 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	8
'10019'	'Close'	0,05430288	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10019'	'Open'	0,05217531	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	3
'10024'	'Close'	0,06938735	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 14 15]	237	3
'10024'	'Open'	0,07763838	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	6
'10025'	'Close'	0,0941313	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	1
'10025'	'Open'	0,07578288	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	1
'10033'	'Close'	0,09011547	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	0
'10033'	'Open'	0,15362443	1x16 cell	[1 4 5 6 11]	[3 9 10 14 15]	237	2

Rang: 20 anys Banda de freqüència: alpha

ID	ESTAT	BSI	LAYOUT	CANALS ESQ.	CANALS DRETA	SEGMENTS TOTALS	SEGMENTS ELIMINTS
'10002'	'Close'	0,06888654	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	3
'10002'	'Open'	0,09717028	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	3
'10009'	'Close'	0,09577341	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10009'	'Open'	0,15763491	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	0
'10011'	'Close'	0,13108651	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10011'	'Open'	0,07851583	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10013'	'Close'	0,10781442	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10013'	'Open'	0,1139571	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	9
'10016'	'Close'	0,1215174	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10016'	'Open'	0,10133509	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10017'	'Close'	0,18674006	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	8
'10017'	'Open'	0,20099935	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10021'	'Close'	0,14012717	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 10 14 15]	237	5
'10021'	'Open'	0,0721921	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 14 15]	237	1
'10022'	'Close'	0,03587155	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[8 9 10 14 15]	237	0
'10022'	'Open'	0,04453336	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10032'	'Close'	0,10656192	1x16 cell	[1 4 5 6 11]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10032'	'Open'	0,19436055	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0

Rang: 40 anys Banda de freqüència: alpha

ID	ESTAT	BSI	LAYOUT	CANALS ESQ.	CANALS DRETA	SEGMENTS TOTALS	SEGMENTS ELIMINTS
'10006'	'Close'	0,09938224	1x16 cell	[1 4 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10006'	'Open'	0,1248989	1x16 cell	[1 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10007'	'Close'	0,18282394	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10007'	'Open'	0,12872719	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10008'	'Close'	0,11923342	1x16 cell	[1 4 5 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	4
'10008'	'Open'	0,12366895	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10018'	'Close'	0,20899483	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	6
'10018'	'Open'	0,1181246	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	3
'10020'	'Close'	0,16890693	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10020'	'Open'	0,13953382	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 10 14]	237	3
'10023'	'Close'	0,07302855	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	14
'10023'	'Open'	0,09547347	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 10 15]	237	2
'10026'	'Close'	0,08678083	1x16 cell	[1 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10026'	'Open'	0,11411412	1x16 cell	[1 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10027'	'Close'	0,0871351	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	0
'10027'	'Open'	0,08316436	1x16 cell	[4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	3
'10028'	'Close'	0,07028052	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[8 9 10 14 15]	237	0
'10028'	'Open'	0,08072706	1x16 cell	[1 5 6 11 12]	[3 8 9 10]	237	0
'10029'	'Close'	0,03990911	1x16 cell	[1 4 5 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10029'	'Open'	0,11953098	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10034'	'Close'	0,06470838	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[8 9 10 14 15]	237	1
'10034'	'Open'	0,04334628	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10035'	'Close'	0,15167735	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 14 15]	237	0
'10035'	'Open'	0,09198921	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0

Rang: 60 anys Banda de freqüència: alpha

ID	ESTAT	BSI	LAYOUT	CANALS ESQ.	CANALS DRETA	SEGMENTS TOTALS	SEGMENTS ELIMINTS
'10001'	'Close'	0,13685969	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10001'	'Open'	0,10500394	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	3
'10003'	'Close'	0,01992861	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10003'	'Open'	0,01489717	1x16 cell	[1 4 6 11 12]	[3 8 9 14 15]	237	0
'10004'	'Close'	0,08817151	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	0
'10004'	'Open'	0,13243	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	2
'10005'	'Close'	0,09686255	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 14 15]	237	0
'10005'	'Open'	0,14481716	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 14 15]	237	0
'10012'	'Close'	0,03134507	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	21
'10012'	'Open'	0,09161896	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	0
'10014'	'Close'	0,16040364	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 10 14 15]	237	1
'10014'	'Open'	0,19623944	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	0
'10015'	'Close'	0,07507141	1x16 cell	[1 4 5 6 11]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10015'	'Open'	0,1117624	1x16 cell	[1 4 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	3
'10019'	'Close'	0,06875176	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10019'	'Open'	0,06928415	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	0
'10024'	'Close'	0,03995482	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 14 15]	237	7
'10024'	'Open'	0,06559343	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	3
'10025'	'Close'	0,12863718	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	0
'10025'	'Open'	0,07914895	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	0
'10033'	'Close'	0,07408626	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	0
'10033'	'Open'	0,18029713	1x16 cell	[1 4 5 6 11]	[3 9 10 14 15]	237	0

Rang: 20 anys Banda de freqüència: beta

ID	ESTAT	BSI	LAYOUT	CANALS ESQ.	CANALS DRETA	SEGMENTS TOTALS	SEGMENTS ELIMINTS
'10002'	'Close'	0,08842604	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10002'	'Open'	0,05777753	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10009'	'Close'	0,11117856	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10009'	'Open'	0,12407102	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	0
'10011'	'Close'	0,04430966	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10011'	'Open'	0,07124698	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10013'	'Close'	0,09793506	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	3
'10013'	'Open'	0,14685837	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	9
'10016'	'Close'	0,13469801	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10016'	'Open'	0,14306051	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10017'	'Close'	0,14990234	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10017'	'Open'	0,14250908	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10021'	'Close'	0,07089777	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 10 14 15]	237	1
'10021'	'Open'	0,11126618	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 14 15]	237	0
'10022'	'Close'	0,06355495	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[8 9 10 14 15]	237	0
'10022'	'Open'	0,07114823	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10032'	'Close'	0,11393709	1x16 cell	[1 4 5 6 11]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10032'	'Open'	0,15696346	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0

Rang: 40 anys Banda de freqüència: beta

ID	ESTAT	BSI	LAYOUT	CANALS ESQ.	CANALS DRETA	SEGMENTS TOTALS	SEGMENTS ELIMINTS
'10006'	'Close'	0,08941927	1x16 cell	[1 4 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10006'	'Open'	0,07842456	1x16 cell	[1 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10007'	'Close'	0,1639159	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10007'	'Open'	0,14778961	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10008'	'Close'	0,17491518	1x16 cell	[1 4 5 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10008'	'Open'	0,16864679	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	3
'10018'	'Close'	0,18962654	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	1
'10018'	'Open'	0,12614652	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10020'	'Close'	0,15081776	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10020'	'Open'	0,10149417	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 10 14]	237	0
'10023'	'Close'	0,08080214	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10023'	'Open'	0,08037377	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 10 15]	237	0
'10026'	'Close'	0,09963196	1x16 cell	[1 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10026'	'Open'	0,10352386	1x16 cell	[1 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10027'	'Close'	0,08441662	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	0
'10027'	'Open'	0,07674688	1x16 cell	[4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	2
'10028'	'Close'	0,14754716	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[8 9 10 14 15]	237	0
'10028'	'Open'	0,13976581	1x16 cell	[1 5 6 11 12]	[3 8 9 10]	237	0
'10029'	'Close'	0,09956175	1x16 cell	[1 4 5 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10029'	'Open'	0,07542624	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10034'	'Close'	0,11473885	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[8 9 10 14 15]	237	0
'10034'	'Open'	0,04674141	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10035'	'Close'	0,05795066	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 14 15]	237	0
'10035'	'Open'	0,12242622	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0

Rang: 60 anys Banda de freqüència: beta

ID	ESTAT	BSI	LAYOUT	CANALS ESQ.	CANALS DRETA	SEGMENTS TOTALS	SEGMENTS ELIMINTS
'10001'	'Close'	0,1349563	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10001'	'Open'	0,06470744	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10003'	'Close'	0,40599812	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10003'	'Open'	0,02887715	1x16 cell	[1 4 6 11 12]	[3 8 9 14 15]	237	0
'10004'	'Close'	0,11739289	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	0
'10004'	'Open'	0,10919078	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	1
'10005'	'Close'	0,16036338	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 14 15]	237	0
'10005'	'Open'	0,12117449	1x16 cell	[1 4 5 6 12]	[3 8 9 14 15]	237	0
'10012'	'Close'	0,07384434	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	15
'10012'	'Open'	0,08649372	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	0
'10014'	'Close'	0,12974426	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 10 14 15]	237	0
'10014'	'Open'	0,13655558	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	0
'10015'	'Close'	0,07102197	1x16 cell	[1 4 5 6 11]	[3 8 9 10 14 15]	237	3
'10015'	'Open'	0,06093907	1x16 cell	[1 4 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	4
'10019'	'Close'	0,05272982	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	0
'10019'	'Open'	0,04709884	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	0
'10024'	'Close'	0,08486212	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 14 15]	237	0
'10024'	'Open'	0,0890569	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 14 15]	237	2
'10025'	'Close'	0,06140037	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	0
'10025'	'Open'	0,06464767	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 8 9 10 15]	237	0
'10033'	'Close'	0,10755203	1x16 cell	[1 4 5 6 11 12]	[3 9 10 14 15]	237	0
'10033'	'Open'	0,11621394	1x16 cell	[1 4 5 6 11]	[3 9 10 14 15]	237	0