

T.C. GALATASARAY ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

MÜZİĞİN İNSAN BEYİNİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN EEG ANALİZİ
İLE OTOMATİK ÖĞRENME MODELİ

**(Un Modèle de l'Apprentissage Automatique avec l'Analyse des Effets
de la Musique sur le Cerveau Humain)**

BİTİRME PROJESİ

İSKENDER ÜNLÜ

Bölüm: BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ

Danışmanı:Yard.Doç.Dr. Reis Burak Arslan

MAYIS 2015

T.C. GALATASARAY ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ

MÜZİĞİN İNSAN BEYİNİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN EEG ANALİZİ
İLE OTOMATİK ÖĞRENME MODELİ

**(Un Modèle de l'Apprentissage Automatique avec l'Analyse des Effets
de la Musique sur le Cerveau Humain)**

BİTİRME PROJESİ

İSKENDER ÜNLÜ

Bölüm: BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ

Danışmanı:Yard.Doç.Dr. Reis Burak Arslan

MAYIS 2015

Préface

Cette étude est mon projet de fin de mes études de licence au Département de Génie Informatique, Faculté d'Ingénieur et de Technologie, Université de Galatasaray. Ma étude propose une approche de l'apprentissage automatique sur "la Musique et le Cerveau de Humain" en utilisant la technologie d'interface d'ordinateur de cerveau.

Tout d'abord, je voudrais remercier Professeur Assistant Reis Burak Arslan qui me donné ses expériences et informations pour guider mes travaux. De plus, je voudrais remercier Assistante de Recherche Ozan Çağlayan qui fait des efforts et donne son énergie positive en couragent mon travail.

Je voudrais remercier aussi ma Famille et mes Professeurs qui avaient fait des efforts pour moi. Ils ont une grande importance pour avoir été venu à ces jours.

Enfin, j'ai essayé de réaliser cette étude pour montre l'importance des études sur le sujet "les ondes électromagnétiques et cerveau humain".

"Les études sur le sujet "les ondes électromagnétiques et cerveau humain vont occasionner les découvertes nouveau."

Mai 2015, Istanbul

İskender Ünlü

Tableau des Matières

Préface.....	2
Tableau des Matières.....	3
Liste des Notations.....	5
Liste des Figures.....	6
Liste des Tableau.....	8
Résume.....	9
Özet.....	10
1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Objective et Motivation.....	1
1.2 Contour du Rapport.....	1
2 INTERFACE CERVEAU-ORDINATEUR.....	3
2.1 Définition de Interface Cerveau-Ordinateur (IOC).....	3
2.2 Principe de Neurones.....	4
2.2.1 Système Nerveux Central.....	4
2.2.2 Neurones.....	6
2.2.3 Système Limbique.....	9
2.3 Principe de Physique.....	10
2.4 Mesure de l' Activité Cérébrale.....	10
2.4.1 Les Types de la Mesure de l' Activité Cérébrale.....	11
2.4.2 Choix du Type de la Mesure de l' Activité Cérébrale.....	11
2.5 Principe de l' EEG.....	11
2.5.1 Placement des Electrodes.....	11
2.5.2 Montage et Enregistrement.....	13
2.5.3 Rythmes Cérébraux Dans EEG.....	14
2.6 Les Paradigmes Interface Ordinateur-Cerveau (IOC).....	15

2.7 Quelques Définition Important sur EEG.....	15
3 MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	17
3.1 Matériels.....	17
3.1.1 Dispositif d' Emotive EPOC.....	17
3.1.2 La Platform d' OpenVibe.....	18
3.1.3 La Platform de Matlab.....	19
3.1.4 La Platform de Orange.....	20
3.2 Les Algorithmes de la Classification.....	22
3.2.1 K-nearestneighbor.....	23
3.2.2 Neural Network.....	23
3.2.3 Naive Bayes.....	24
3.2.4 Logistic Regression.....	24
3.3 Expérience.....	25
4 CONCLUSION.....	29
Références.....	31
Appendices A.....	35
Appendices B.....	37
Appendices C.....	40

Liste de Notations

BBA - Beyin Bilgisayar Arayüzü (en tur.)

ICM - Interface Cerveau-Machine (en fr.)

EEG - Electroencéphalographie

ECG - Electrocardiogramme

ECoG - Electrocorticographie

EOG - Electrooculogramme

EMG – Electromyogramme

fMRI - Functional Magnetic Resonance Imaging (en ang.)

fNIRS - Functional Near-Infrared Spectroscopy (en ang.)

ICM - Interface Cerveau-Machine (en fr)

ICO - Interface Cerveau-Ordinateur

MEG - Magnétoencéphalographie

SNC - Système Nerveux Central

SVM- Support Vector Machine

Liste de Figures

Figure 2.1: Corpus Callosum (Adapté de Wikipedia).....	4
Figure 2.2: Régions Fonctionnelles du Cortex Cérébral (Adapté de MDHealth.com).....	5
Figure 2.3: Les Fonctions des Lobes.(Adapté de http://jeminstruis.blogspot.com.tr/).....	5
Figure 2.4: Potentiel d' Action (Adapte de Cours-Pharmacie).....	7
Figure 2.5: Un Neurone Typique (Adapté de Wikipedia).....	8
Figure 2.6: L' Anatomie du Système Limbique (Adapté de Vetopsy).....	9
Figure 2.7: Circuit nerveux de la mémoire émotionnelle (Adapté de Vetopsy).....	10
Figure 2.8: Modèle du dipole vibrant (Adapté de Wikipedia).....	10
Figure 2.9: 10-20 système (Adapté de bem.fi).....	12
Figure 2.10: 10-20 système (Adapté de diytdcs).....	12
Figure 2.11: 16-channel Longitudinal Bipolar Montage (Adapté de wikisantets.wikispaces).....	13
Figure 2.12: Rythme Delta (Adaté de Wikipedia).....	14
Figure 2.13: Rythme Thêta (Adaté de Wikipedia).....	14
Figure 2.14: Rythme Alpha (Adaté de Wikipedia).....	14
Figure 2.15: Rythme Bêta (Adaté de Wikipedia).....	15
Figure 2.16: Rythme Gama (Adaté de Wikipedia).....	15
Figure 3.1: Dispositif de Emotive EPOC (Adapté de emotive.com).....	17
Figure 3.2: Le Scénario du Projet (Adapte de mon ordinateur).....	19
Figure 3.3: Power Spectrum du Chanel de AF3 (Adapté de mon projet).....	20
Figure 3.4: Figure 3.4: Menu de Orange.....	21
Figure 3.5: Le Schéma du design de mon Projet.....	23
Figure 3.6: Les Algorithmes de la Classification Dans Mon Projet	24
Figure 3.7: Exemple de K nearestneighbour (D=1, k=3) (Adapté de Wikipedia).....	23
Figure 3.8: Classifieur de Réseaux Neuronal (Adapté de Wikipedia).....	23

Figure 3.9: Bayes Rule (Adapté de www.saedsayad.com).....	24
Figure 3.10: Plot de Toute Donnée de EEG.....	25
Figure 3.11: Fichier de record.csv.....	25
Figure 3.12: Fichier de stim.csv.....	26
Figure 3.13: Comment-on coupe de la donnée de EEG pour chaque chanson.....	26
Figure 3.14: Les Résultats de Pwelch sur la chanel de AF3.....	27
Figure 3.15 : Matrice qui est pensé pour la classifier dans Orange Canvas.....	27
Figure 3.16 : Le Matrice de la Confusion.....	28

Liste des Tableaux

Tableau 3.1: Les Succès des Méthodes (Supervisé).....	28
---	----

Résumé

Humain avait eu de l'intérêt pour le cerveau de humain jusqu'à aujourd'hui. Pour cela, on avait pensé comment on peut comprendre le cerveau par rapport à ses actions, comment le cerveau fonctionne, laquelle part de cerveau humain fonctionne. En raison des recherches scientifiques, on avait pu obtenir les informations sur ce que le cerveau humain est composé de lesquelles parts, de laquelle structure unique. Grâce aux ces informations et les informations de la Physique, on avait compris que "Il y a quelques relations importants entre les activités de la structure unique fondé sur sa location dans le cerveau et les états d'âme".Après on a développé la technologie qui s'appelle "Interface Cerveau-Machine".Donc, il faut questionner grâce à de quoi on a pu réussir à réaliser de Interface Cerveau-Machine. Je vous donne la réponse: EEG.

Électro-encéphalographie (EEG) est une méthode qui fait l'activité des ondes cérébrales une mesure expressif avec les méthodes électriques.On utilise les électrodes qui peuvent calculer les densités des activités électromagnétiques des structures uniques (neurone). Pour faire les valeurs dans le cérébral, on choisit une électrode comme la référence.Et puis on commente les signaux électromagnétiques grâce à ces valeurs comme la différence potentielle.

Dans mon projet, on travaille apprentissage machine avec l'analyse des effets des musiques qui ont émotions différentes sur le cérébral.Pour cela, on utilise un casque à mesurer l'activité cérébrale.Premièrement, on fait le scénario sur le platform de Interface Cerveau-Machine sur l'ordinateur réaliser. Deuxièmement, on fait la connexion entre le platform de Interface Cerveau-Machine sur l'ordinateur et le casque réaliser. Troisièmement, on collecte EEG Donnée. Après on fait prétraitement de la EEG Donnée. Ensuite on fait la EEG Donnée suitable pour le entrer au platform de classification.On les classifient et puis on constitue les modèles des émotions.Après nous pouvons classifier les chansons instrumentales par rapport à ses émotions.

Özet

İnsanoğlu var olduğundan beri bilmediklerine karşı büyük bir merakla öğrenme isteğine sahip olmuştur. Bu merak çoğu zaman yaşamak ve daha iyisini yaşamak için olmuştur. Tabi tüm bu yaşamak isteğinin merkezinde insan olmuştur. Ben çalışmam da insan için faydalı olan istekten ve bu istek sonucu ortaya çıkan yaklaşım, amaç, method, imkanlardan bahsedeceğim.

Beyin bugün temel bilimler ve mühendislik disiplinleriyle çözümlenmeye çalışılıyor olsa da hala bilinmezliklerle dolu bir yapıdır. Bu doğrultuda beynin yapısı çözümlenmeye çalışılmıştır, bunun için beynin bölümleri, birbirleriyle ilişkileri, beynin yapılarını oluşturan birim ve çeşitleri soruları ortaya çıkmış ve yüksek düzeyde anatomik ve morfolojik açıdan cevaplar bulunmakla birlikte fizyolojik açıdan tatmin edici düzeyde değiliz.

Çalışmamın temelinde beyin ve beyinin anlaşılmasının önemi vardır. Peki beyin neden bu kadar önemlidir ? Neden bilim adamları bu kadar beyin üzerinde çalışıyorlar? Bu sorunun cevabı sizin de düşüneceğiniz gibi bildiğimiz ve bilmediğimiz görevleri ve fizyolojik mekanizmalarının bilinmesiyle bize imkan sağlayacak tedavi ve teknolojilerdir.

Ayrıntılara değinmeden Fizik ve Biyoloji temel bilimlerindeki bazı noktalara değinme ihtiyacı duyuyorum. Fizik konusunda şunları demek isterim: Evren şüana kadar mevcut geçerliliğini koruyan teoriler içinde atomaltı fiziği bir kenara, atom düzeyindeki teorilerce yakınçağ bilgileriyle madde yüklü taneciklere sahiptirler ve bu yüklü taneciklerin evrende etkileşimleri olmuştur. Evrende yüklü taneciklerin çok küçük ya da büyük ivmeli hareketleriyle manyetik alan ve elektrik alan değişimleri ve bu değişimlerin birbirlerini takip ederek elektromanyetik dalgaların oluştuğu gözlemlendi. Biyoloji konusunda ise şunları demek isterim: projemiz beynin cerebrali üzerine odaklanıyor. Beynin yapısal birimi nöron hücreleridir. Beyin aktivitelerini nöronların birbirleriyle implus etkileşimiyle gerçekleştirir. İmpuls bir iyon hareketlerine sebep olur. İyonların hareketleri ise elektromanyetik dalgaları meydana getirmektedir. Bu nokta çok önemli; çünkü beyinle elektromanyetik dalgalar üzerinden çalışacağız.

Beyin ile iletişim yapmak için projemizde yer alan Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA) Metodu geliştirilmiştir. Bahsettiğim üzere bir iletişimden bahsediyoruz. Şuan gelişme aşamasında olduğu için daha çok beyin verdiği bilgiler yorumlanmaya çalışılıyor. BBA ile bugün beynin neler düşündüğü tespit etme konusunda ciddi çalışmalar vardır. Bu kapsamda insansız maket uçakların düşünce yolu ile yönetilmesi, düşünülen varlıkların tespit edilmesi, düşüncelerin okunması, engelli kişilerin protez uzuvlarını düşünce yoluyla yönetmesi ve oyun sektöründeki çalışmaları mevcuttur.

Projemin bilgisayar mühendisliği ile ilgisi bilgisayar öğrenimin (İng: machine learning) i gerçekleştirmektir. Elimizde beş farklı duyguya ait (mutlu, huzurlu, gerilim, hüznü, romantik) beşer enstrümantel şarkı mevcuttur. Projede amacım bilgisayar öğrenimi metodları ile duygulara ait modellerin kurulması ve sonra opsiyonel olarak yeni dinletilen şarkıların duygulara göre bilgisayar tarafından gruplanabilmesidir.

Beynimizin dışını saran katmana serebral korteks denir. Ve cerebral cortex dört ana bölüme sahiptir: Frontal Lob, Parietal Lob, Temporal Lob ve Oksipital Lob. İnsan beyninde duyguların yönetimi limbik sistem tarafından yapılır. Limbik sistem Olfaktör Korteks, Hipocampus, Thalamus, Amygdala ve Hypothalamus dan meydana gelmektedir. Limbik sistemin yapılarından Olfaktör Korteks, Amygdala ve Hipokampus temporal lobta yer almaktadır. Amygdala duygu merkezi olup, hipokampus hafıza ile ilgili merkezdir. Projemizde yer alan EEG Datası toplamamıza yardımcı olan kask serebral korteksde meydana gelen elektromanyetik dalgaları incelemektedir. Bu durum çalışmamızın başarısını ciddi oranda olumsuz olarak etkilemektedir.

Genel olarak bilimsel temellerden bahsettikten sonra medikal anlamda bahsetmek isterim. Proje fikrimin ortaya çıkmasında şizofreni hastalığına tedavi bulmak düşüncesi vardı. Hatta enstrüman çalan kişilerin beyinlerinde ilgili bölgeleri nerdeyse tüm beynin bir akordiyon gibi eş zamanlı çalışmasının beyin bölgeleri arasında iletişimi güçlendirip aktivite dağılımını sağlık hale getirme yönünde etkilerinin olduğunu düşününce proje girişiminde bulundum. Ne var ki imkanlar dahilinde bitirme projesi olarak bu tarz bir girişimde bulunamayacaktım. Daha sonra farklı duygulara sahip müzikleri insan beyni üzerine olan etkilerini inceleme fikri ortaya çıktı. Bu bir veri madenciliği hem de gerek duygusal modellerin kurulmasıyla makine öğrenimi (machine learning) uygulamasıdır.

Fizikte rezonans olma durumu vardır, öyle ki birbirleriyle etkileşimde bulunan sistemlerin frekanslarının eşitlenmesidir. Elektromanyetik dalgalar da bir dalga olduğundan dışarıdan beyne gelen elektromanyetik dalgalarla rezonans hale getirilebilir. Dışarıdan gelen bu dalga illa ki elektromanyetik dalga olmak durumunda değildir hava titreşimleri ile oluşan ses dalgaları da olabilir. Şizofren hastalarında serebral korteksde kütleli bazda ciddi azalmalar gözlenmektedir., bunla beraber beyin aktivite haritası çıkarıldığında, sağlıklı bir bireyin beyninin aktivite haritasından çok farklı bir dağılım olduğu gözlemlendi. Eğer biz beynin ilgili bölgelerine uygun dalgalar gönderebilirsek aktivitesi normal olmayan bölgeler normal hale gelme eğilimi gösterecektir. Serebral Korteks kütleli bazda iyileşemese de dalgalarla olumlu yönde ivme yakalanabilir.

Proje için hazırlık aşamasında okuduğum makalelere göre psikiyatrik hastalıklar için müzik terapisi uygulanmaktadır. Müzik, insanlık tarihi boyunca ruhu sakinleştirmek dinginleştirmek için ve hastalıklarda tedavi olarak kullanılmıştır. Bugün müzik terapisi psikiyatrik hastalıkların tedavisinde geniş bir yer almıştır. Örnek vermek gerekirse Osmanlı Dönemi su sesi ile tedaviler gerçekleştirilirdi.

2011 de Groningen Üniversitesi'nde araştırmacıların gerçekleştirdiği çalışma müziğin insan üzerinde sadece ruh halini değil aynı zamanda dünyaya bakış açısını da değiştirdiğini de göstermektedir. Bu noktada bireyin sağlıklı olup olmamasına dikkat etmemiz gerekmektedir; çünkü limbik sistemde amygdala ya dikkat etmemiz lazım bazı hastalarda mesela şizofrenlerde amygdala normal bireylere göre daha küçüktür. Amygdala önceden de bahsettiğim gibi duyguların yönetim merkeziydi. 2014 te Kent Üniversitesi' nin çalışmasına göre güzel ama hüzünlü müziklerin insanların daha iyi hissetmelerine yardımcı olduğunu gözlemlemişlerdir. Yine 2013 yılında Japon araştırmacılara göre insanlar hüzünlü müzik dinlemekten zevk aldığını bunun bir çeşit adaptasyon olduğunu ve bunun arkasında hüzünlü müziklerin pozitif duyguları uyandırması gerçeğinin yattığını ortaya koymuşlardır. Benzer bir şekilde 2011 yılında yapılan araştırmalarda kanser hastalarında müziğin endişeleri azalttığını ortaya koymuştur; öyle ki bu çalışmada kanser hastalarına müzik terapileri uygulanmış ve yeni sistematik incelemeler endişeleri azalttığı gibi ilaçlardan dolayı oluşan uyarılar acı ve ağrıların azaldığı, hayat kalitesinin arttığını göstermektedir. Müziğin yaratıcılık

konusunda etkilerinin incelenmesi ise 2010 yılında Association for Psychological Science tarafından gerçekleştirilip; pozitif müzik ve videoların izlenmesinin insanda yaratıcılığı artırdığı ispatlanmıştır; hatta öyle ki çalışma iş yerlerinde mesai saatlerinde video izlemenin iş verimi açısından boşa harcanan zaman olmadığını göstermiştir.

Projemin akış özetini yapmadan önce bahsetmem gereken nokta projemi besleyen asıl gerçektir.O da dinlenen müzikler karşısında limbik sistemin serebrum ve serebral korteks üzerine olan etkilerini EEG ile incelemek, inceleme sonuçları üzerinde veri madenciliği yapmak ve machine learning i gerçekleştirmek sonunda da duygulara ait modelleri gerçekleştirebilmektir.

Şimdi projemin akışından ve akışında kullanılan teknolojileri, platformları, yaklaşımları bahsedicem.

Özet bölümünün başlarında da bahsettiğim gibi insanoğlu beyindeki aktiviteleri bilgisayar ortamına geçirmeyi başarmıştır.Proje gereği elimizde beş duyguya (mutlu, hüzümlü,gerilim,romantik,huzurlu) ait beşer şarkı var.Projemin akışı gereği öncelikle OpenVibe platformunu ele almalıyım.OpenVibe nöronal arayüz için kullanılan bir açık kaynak sistemdir.OpenVibe ın uygulama alanları için medikal(engellilere asistanlık, gerçek zamanlı teşhis, ve feedbackları almak), multimedya(sanal gerçeklik, video oyunları), robotik ve sinir bilimiyle ilgili diğer tüm uygulamalar denebilir.OpenVibe gerçek zamanlı beyin dalgaların toplanması, filtrelenmesi, işlenmesi, sınıflandırılması ve görüntülenmesi için kullanılabilir.OpenVibe sayesinde uygulamanın konsepti tasarlanıp gerçekleştirilebilir hatta bu beyin bilgisayar arayüzü test de edilebilir.OpenVibe da proje gereği senaryoyu gerçekledim ve senaryo gereği python ve lua dillerinde programlama yapmam gerekti.Projede iki bilgisayar kullanıldı birisi server olarak kullanıldı ve Python dilinde senaryomuza uygun müzik oynatıcı yazıldı ikinci olarak da client olarak şarkı tetiklemek için stimülasyonlar yapan lua kodu yazıldı.Lua kodu client bilgisayar üzerindeki OpenVibe Lua kutusunda yer amıştır.

İkinci olarak Emotive EPOC kaskı kullanıldı.Bu bölüm projede data toplanma kısmıyla ilgilidir.EEG eskiden kafatası derisi altına yerleştirilen cerrahi yöntemlerle gerçekleştirilmekteydi ama daha sonra Avustralyalı Emotive Sistems şirketi invazif ve daha ekonomik EEG toplama sistemi üretti ve adı da Emotive EPOC oldu.

OpenVibe ile Emotive EPOC bağlantısını gerçekledik ve OpenVibe da EEG Datasını topladık.EEG datası toplanırken de şarkı dinleme senaryosuna uyuldu.

Projenin ikinci aşaması EEG datasını sınıflandırıcıya sokacak şekle getirilmeye çalışıldı. Bunu MATLAB üzerinde gerçekleştirmeye çalıştık.EEG Datasını şarkı bazında kanallara göre sınıflandırdık.Kanal bazında power spectrumlarını uyguladık ve sınıflandırıcıya sokacak şekilde matrisler haline getirilmesine çalışıldı.Emotive EPOC 16 kanal üzerinden çalışabilmesine rağmen biz 14 kanal üzerinde çalışıldı.İnsan beyindeki elektromanyetik dalgalarda frekanslarına göre 5 değişik banda(alpha, beta,delta, gama, theta) ayrılmaktadır.Biz matrisimizi $10 \times (14 \times 5 + 1)$ şeklinde 10×71 matris şeklinde düzenledik (en son kolon duyguya göre atanmış sınıflandırıcı anahtar sayısı), ama daha sonra sınıflandırmada başarıyı artırmak için her şarkıyı 10 parçaya böldük ve matrisimiz 100×71 şeklinde oldu.

Sınıflandırma aşamasında data-mining yazılımı olan Orange Canvas kullanıldı. Orange oldukça kullanıcı arayüzü dostu yazılım olup, istediğimiz sınıflandırma metodları (k-nearest neighbour,neural network, naive bayes, logistic regression) ile ilgili kutuları çalışma alanına sürükleyerek gerçekledik.Sonuç olarak elimizdeki en baştan bildiğimiz mutlu, hüzünlü, gerilim, huzurlu ve romantik duygularına sahip şarkıları belirli bir oranda duygu türü bazında doğru etiketledik.

1 INTRODUCTION

1.1 Objective et Motivation

Dans l'histoire de Humanité, pour l'invention de l'ordinateur, on peut dire que l'ordinateur a la plus grande part de la vie d'aujourd'hui. Tous les inventions sont faites avec l'ordinateur. L'ordinateur nous laisse dans les sociétés plus individuelles. La communication entre les gens presque mourit. Dans tous les points de la vie, on veut une meilleure quelconque chose et la vie devient plus difficile. Par exemple, les pays qui sont développés ont une vie du travail difficile; par conséquent les maladies psychiques sont vites dans ces pays.

Aujourd'hui, l'Humain a réussi à réaliser l'Interface Cerveau-Machine (ICM) pour travailler sur le Cerveau. Si on peut avoir plus d'information sur le Cerveau (le système limbique, le cortex cérébral), les médicaments ont du succès pour les maladies psychiques.

Cette étude a été réalisée pour montrer la relation entre la musique et le cerveau, puisque le centre des émotions dans le cerveau est le système limbique et le système limbique a quelques effets importants sur le cortex cérébral. La base de ce projet est comprendre cette relation; par contre le but du projet est l'analyse de EEG et comprendre les effets de la musique sur le cerveau. On a collecté les données EEG avec le casque Emotive EPOC et puis on a fait le pré-traitement sur les données EEG sur la plateforme MATLAB, et on a obtenu les matrices de EEG pour chaque chanson; finalement on les a entrées dans le logiciel, Weka pour les classer. Le résultat du projet est les modèles des émotions qui ont été constitués par l'apprentissage automatique. Par rapport à ces modèles, on peut comprendre les émotions des chansons.

1.2 Contour du Rapport

La conception de ce document est la suivante:

Dans la première partie, les objectifs de projet et le flux de travail ont été mentionnés.

Dans la deuxième partie, la technologie Interface Cerveau-Ordinateur est décrite en détails en donnant les bases scientifiques.

Dans la troisième partie, les matériels, les platforms, les logiciels, les méthodes et les algorithmes qui ont été utilisés dans le projet sont expliqués en détail.

Finalement, on a fait l' évolution du Project en tenant compte les sorties et les résultats.

2 INTERFACE CERVEAU-ORDINATEUR

Interface Cerveau-Ordinateur (ICO) est une méthode qui nous donne la possibilité de la communication entre le cerveau et le dispositif qui est utilisé dans le système en raison de l'ordinateur qui nous fournit l'interface de cerveau.

Aujourd'hui on réussit à contrôler un dispositif qui incorpore un ordinateur à la distance. On ne communique pas toujours avec un dispositif; par contre en quelques temps on essaye de communiquer avec l'autre(s) genre(s). Interface Cerveau Ordinateur peut être utilisée dans les secteurs de médecine, de neurologie, de jeu.

Il y a trois éléments essentiels pour le système ICO: Graimann et al. (2010):

1. IOC enregistre directement l'activité cérébrale,
2. IOC fournit une rétroaction à l'utilisateur,
3. IOC est basé sur le contrôle délibéré (au choix).

2.1 Définition de Interface Cerveau-Ordinateur (IOC)

Zander et al. (2008) ICO est exprimée en trois types:

- IOC Actif : ICO est une sortie de l'activité cérébrale consciente.
- IOC Réactive: La sortie de l'activité cérébrale de la ICO qui s'est formée comme la réponse à des stimuli externes.
- IOC Passif : La sortie de l'activité cérébrale de la ICO qui s'est formée comme incontrôlée.

Pour IOC Actif et IOC Réactive, on peut dire que ils sont véritable, parce que ils ont un but; par contre IOC Passif n'a pas de but.

2.2 Principe de Neurones

2.2.1 Système Nerveux Central

Le système nerveux (SNC) consiste en le système nerveux central et le système nerveux périphérique. Le système nerveux central a la plus grande partie du système nerveux.

Le cerveau humain est divisé en deux(gauche et droite) hémisphères cérébraux criblé du cérébral connu comme la matière grise.Ces deux hémisphères communiquent l' un l' autre avec “corpus callosum”.

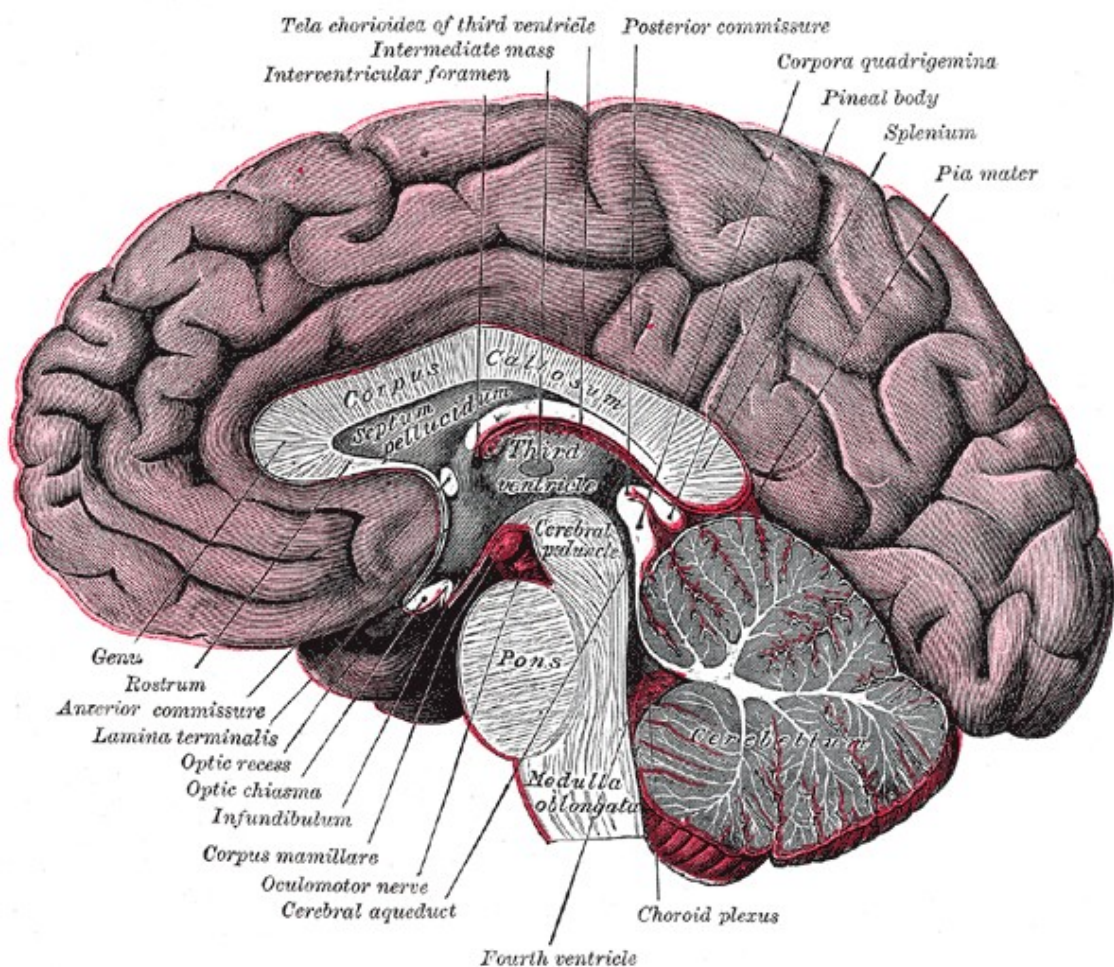


Figure 2.1: Corpus Callosum (Adapté de Wikipedia)

Chaque hémisphère cérébral est divisé en lobe frontal, lobe pariétal, lobe occipital, lobe temporal.

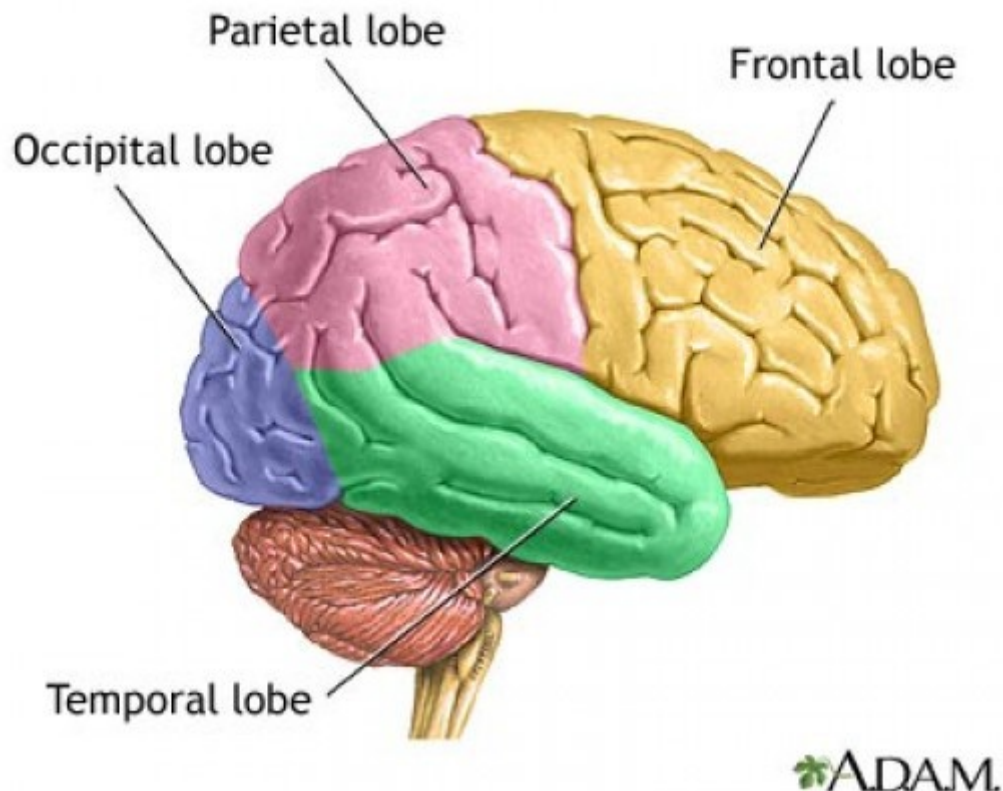


Figure 2.2: Régions Fonctionnelles du Cortex Cérébral (Adapté de MDHealth.com)

Chaque Lobe est responsable pour les fonctions spécifiques.

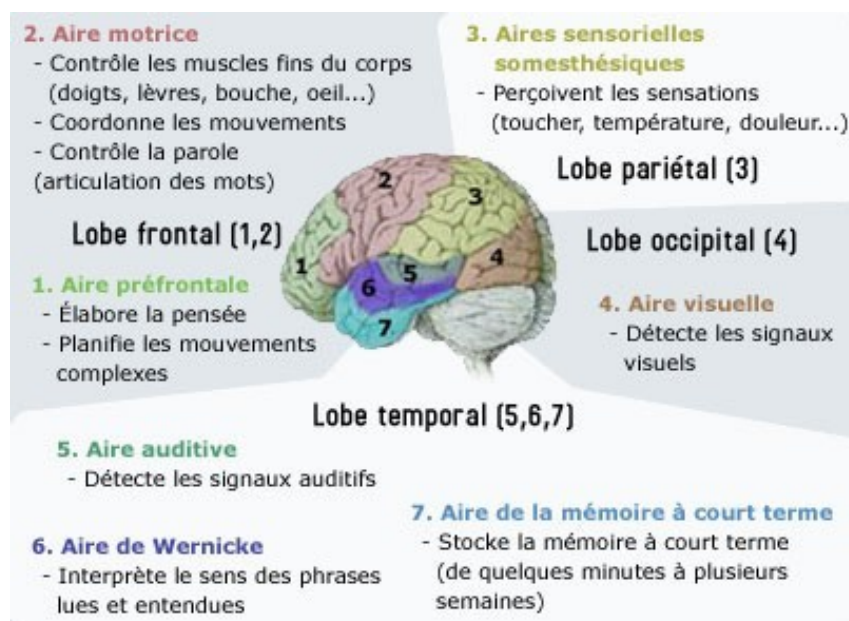


Figure 2.3: Les Fonctions des Lobes.(Adapté de <http://jeminstruis.blogspot.com.tr/>)

2.2.2 Neurones

Les neurones sont des cellules qui sont la structure unique des composants de base du cerveau.

Les neurones typiques sont composés de quatre régions qui sont le corps cellulaire (soma), dendrites, axone et terminaux présynaptiques. (Figure 2.5)

Au dessous on parle du flux de neurone. Matthieu Simon (2009) a exprimé les potentiels du neurone au repos:

“Les neurones, comme toutes les cellules de l’organisme, sont soumis à une différence de potentiel membranaire (ddp) due aux différences de concentration ioniques de part et d’autre de la membrane. Du côté extracellulaire ce sont surtout les ions Na^+ et Cl^- qui sont présents, et du côté intracellulaire ce sont surtout les ions K^+ et les protéines qui sont présents. On note que les ions K^+ sont ceux qui possèdent la plus grande conductance au sein de la membrane (5 fois plus élevée que les autres ions), il attire donc le potentiel de membrane vers son potentiel d’équilibre (-80 mV) donné par l’équation de Nernst. Le gradient de concentration des ions potassiques les pousse à sortir de la cellule, mais l’existence de charge positive dans le milieu extracellulaire crée un gradient électrique de sens contraire au gradient de concentration des ions K^+ .

Autrement dit le potentiel de repos est atteint à l’équilibre, lorsque les forces dues au gradient électrique (qui poussent à faire rentrer les ions K^+ dans la cellule) sont égales aux forces dues au gradient de concentration (qui poussent à faire sortir les ions K^+ de la cellule). On arrive à un équilibre des forces, la différence de potentiel est alors de -70 mV. Elle se maintient même si Na^+ parvient à rentrer dans la cellule, et ceci par régulation des pompes Na^+/K^+ . On peut faire la remarque que le potentiel de membrane est nul lorsque la concentration en ions chargés négativement est égale à la concentration en ions chargés positivement, et ce dans le milieu intracellulaire et extracellulaire. Il y a ainsi un léger surplus d’ions chargés positivement dans le milieu extracellulaire et un léger surplus d’ions chargés négativement dans le milieu intracellulaire. Ces excès d’ions s’accumulent contre la membrane (tel un condensateur électrique) et sont à l’origine du potentiel de repos de -70 mV qu’il existe entre

l'intérieur et l'extérieur de la cellule. Attention, la valeur du potentiel de repos n'est pas toujours de -70mV , sa valeur est caractéristique du type de cellules."

Mark Simon(2009) a exprimé le flux d'un neurone en trois situations:

- *La dépolarisation* correspond à une augmentation de la perméabilité sodique, qui entraîne une réduction du potentiel membranaire. L'intérieur de la membrane est moins négatif et le potentiel s'approche de 0.

- *La repolarisation* rapide du point dépolarisé correspond à la fermeture des canaux sodiques et à l'ouverture des canaux potassiques plus ou moins décalé dans le temps.

- *L'hyperpolarisation* correspond à une sortie en excès d'ions K^+ lors de la repolarisation ce qui entraîne une augmentation de la différence de potentiel membranaire, plus importante que la différence de potentiel présente au repos. Il y a dès lors intervention des pompes Na^+/K^+ pour rétablir les concentrations ioniques.

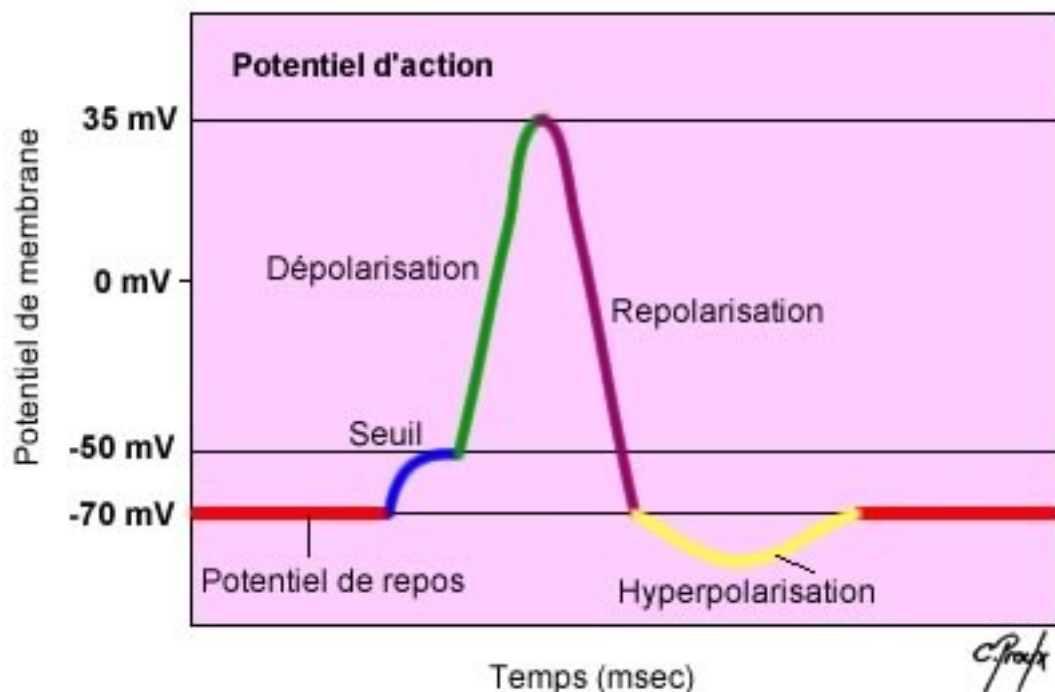


Figure 2.4: Potentiel d'Action (Adapté de Cours-Pharmacie)

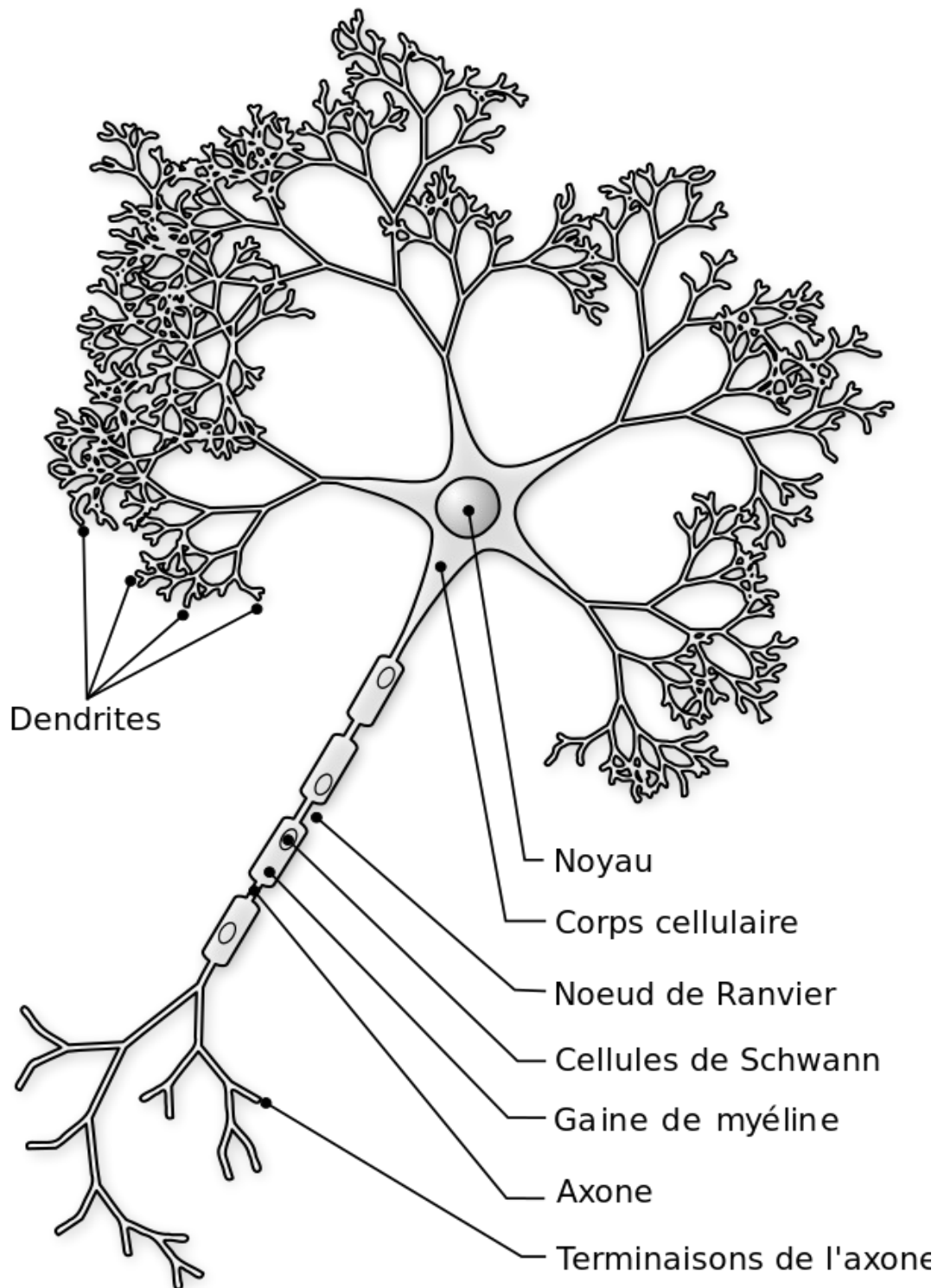


Figure 2.5: Un Neurone Typique (Adapté de Wikipedia)

2.2.3 Système Limbique

Harde (2009) système limbique est défini comme au dessous:

“Le système limbique est une zone du cerveau composée de la circonvolution du corps calleux, partie antérieure de ce celui-ci située entre les deux hémisphères cérébraux, et les hippocampes. Le système limbique joue notamment un rôle dans de nombreuses réactions métaboliques de l'organisme, dans les réactions émotionnelles, dans la régulation du fonctionnement de nombreux organes autonomes et dans les repères spatiaux. Des atteintes de ce système limbique auront donc pour conséquence, des troubles dans ces fonctions.”

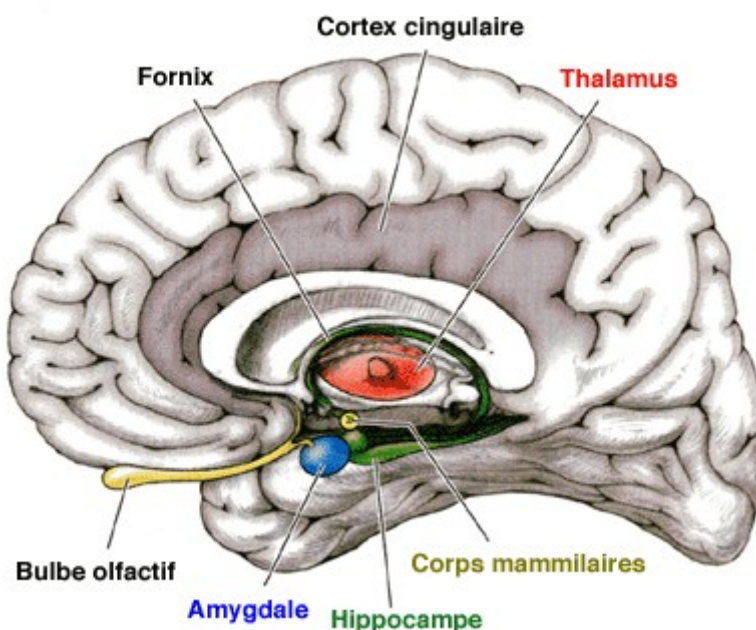


Figure 2.6: L' Anatomie du Système Limbique (Adapté de Vetopsy)

Les réactions émotionnelles dépendent de les structures de cérébral de amygdala. L'amygdala est situé dans le lobe temporal interne. Pour faire tous les réactions émotionnelles se réaliser, on a besoin de l' amygdala. Les stimuli émotionnels importants sont transmis à l'amygdala du thalamus et du cortex. Si les stimuli émotionnelles sont transmis du thalamus, la réaction émotionnelle se réalise très rapidement, si les stimuli émotionnelles sont transmis du cortex, cette situation se réalise pour affiner la réaction comportementale. L' amygdala est une part essentielle pour les souvenirs non-déclaratifs émotionnels, l' amygdala ne stocke que les aspects émotionnels des souvenirs; les autres parts des souvenirs sont stockés dans les autres

pièces du cérébral. L'amygdale et l'hippocampe travaillent ensemble pour les souvenirs qui ont de émotions intenses. De même l'amygdale contribue aux réactions émotionnelles physiologiques comme l'augmentation de la pression sanguine.

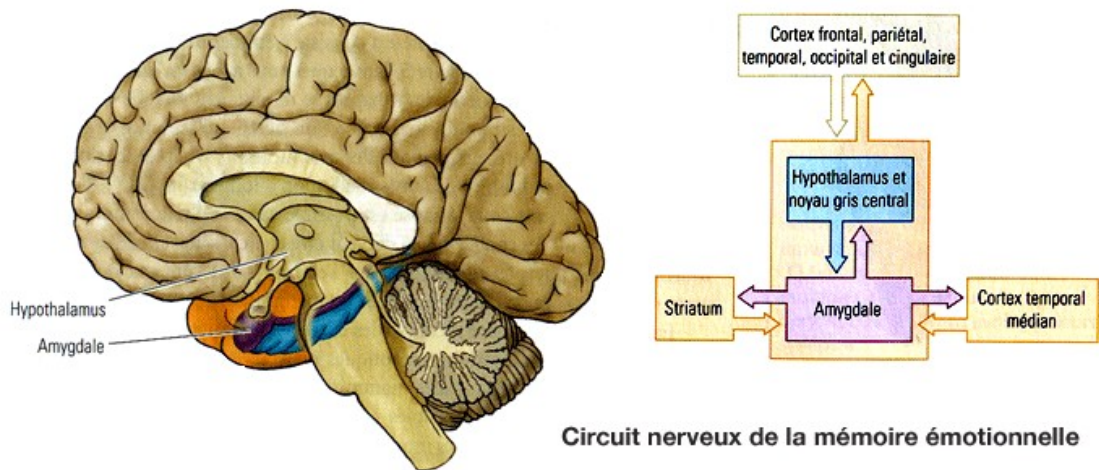


Figure 2.7: Circuit nerveux de la mémoire émotionnelle (Adapté de Vetopsy)

2.3 Principe de Physique

Aujourd'hui, dans la théorie classique, on dit que "une onde électromagnétique consiste en les champs électrique et magnétique. Une charge statique produit un champ électrostatique. Si un charge fait de mouvement, il produit simultanément un champ électrique et magnétique."

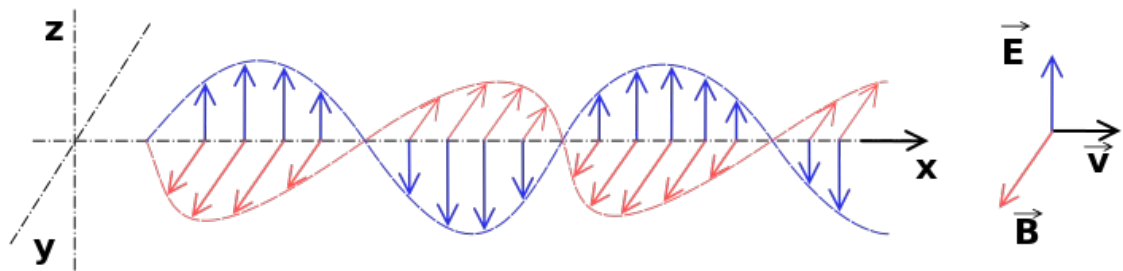


Figure 2.8: Modèle du dipole vibrant (Adapté de Wikipedia)

2.4 Mesure de l'Activité Cérébrale

Dans le cerveau, quand on vit le flux de neurone; on a des ondes électromagnétiques causées par les mouvement des ions.

2.4.1 Les Types de la Mesure de l'Activité Cérébrale

Günaydın (2015) les types de la mesure de l'activité cérébrale sont exprimés comme le suivant:

EEG a une résolution temporelle ($\sim 0.05s$) et résolution spatiale (~ 10 mm). EEG est non-envahissante et portable. L'activité de EEG est électrique.

MEG a une résolution temporelle ($\sim 0.05s$) et résolution spatiale (~ 5 mm). MEG est non-envahissante et non-portable. L'activité de EEG est magnétique.

ECoG a une résolution temporelle ($\sim 0.003s$) et résolution spatiale (~ 1 mm). ECoG est envahissante et portable. L'activité de EEG est électrique.

Intracorticale a une résolution temporelle ($\sim 0.003s$) et résolution spatiale (~ 0.05 mm- 0.5 mm). Intracorticale est envahissante et portable. L'activité de EEG est électrique.

fIRM a une résolution temporelle ($\sim 1s$) et résolution spatiale (~ 1 mm). fIRM est non-envahissante et non-portable. L'activité de EEG est hémodynamique.

fSRPI a une résolution temporelle ($\sim 1s$) et résolution spatiale (~ 5 mm). fSRPI est non-envahissante et portable. L'activité de EEG est hémodynamique.

2.4.2 Choix du Type de la Mesure de l'Activité Cérébrale

Il y a beaucoup de type de mesure de l'activité cérébrale. Quand on choisi le type, les parametres peuvent être portabilité, vasive-invasif, économie, la résolution spatiale (la plus petite zone qui peut être détectée) et la résolution de temporelle (la plus petit période de tems pendant l'activité dans le temps reel).

2.5 Principe de l'EEG

2.5.1 Placement des Electrodes

Le système de placement sont international et son nom est "10-20 système". Dans ce système, les lettrres F, Fp, T, C, P et O sont utilisés respectivement Frontale, Fronto polaire, Temporelle, Central, lobes Pariétaux et Occipitaux. (Figure 2.9)

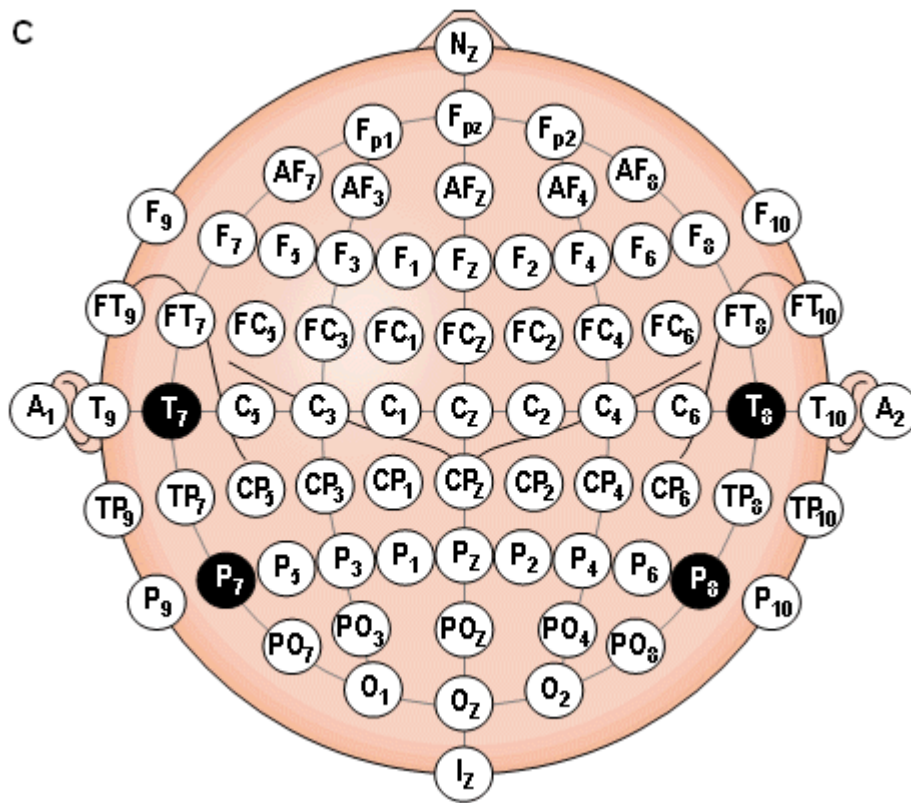


Figure 2.9: 10-20 système (Adapté de bem.fi)

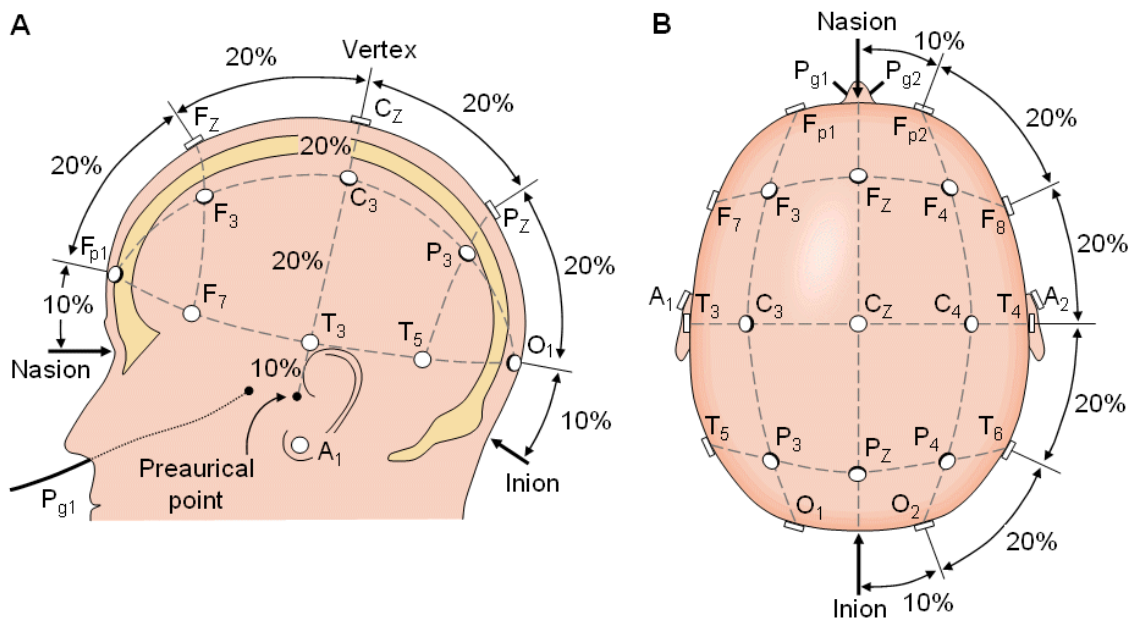


Figure 2.10: 10-20 système (Adapté de diytdcs)

2.5.2 Montage et Enregistrement

Ce que on mesure en EEG par l'enregistrement référentiel est defini comme la difference potentiel par rapport à l'électrode de base. Les électrodes sont placées sur vers endroits du crâne; par contre ce que on mesure en EEG par l'enregistrement bipolaire est defini comme la difference potentiel par rapport aux électrodes adjacentes. (Figure 2.11)

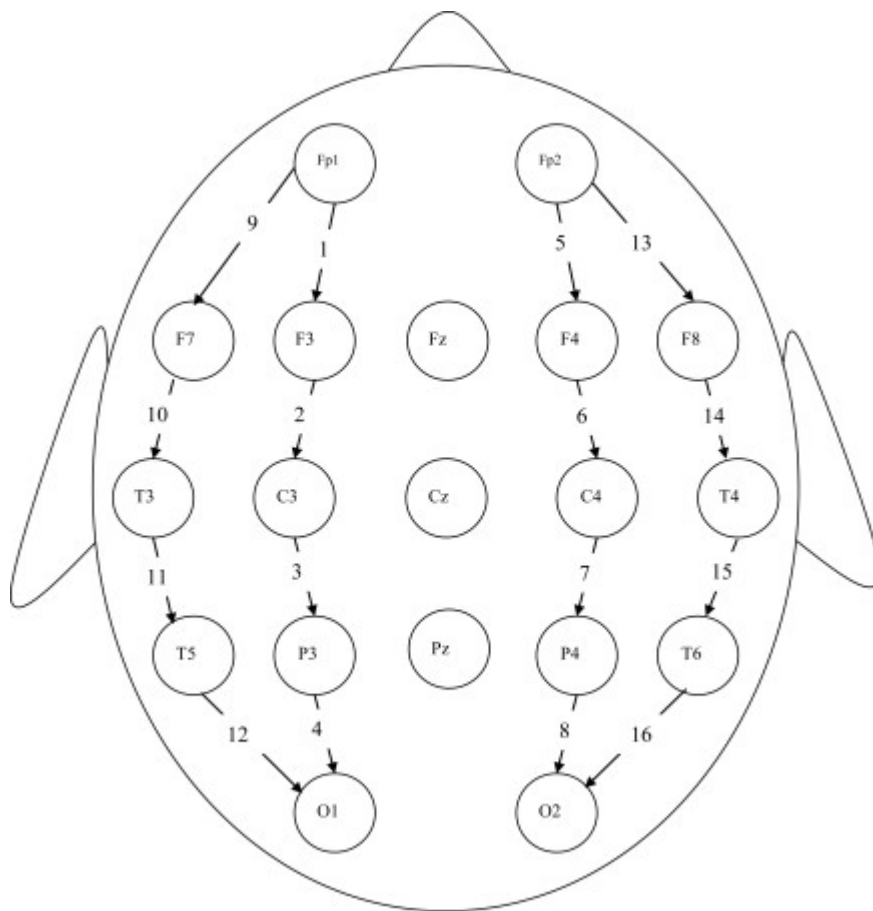


Figure 2.11: 16-channel Longitudinal Bipolar Montage (Adapté de wikisantets.wikispaces)

2.5.3 Rythmes Cérébraux Dans EEG

Les activités électriques cérébrales rythmiques sont classées selon leur fréquence.
(Figure 2.12)

Rythme Delta (de 0.1 à 3.5 Hz) (Figure 2.12)

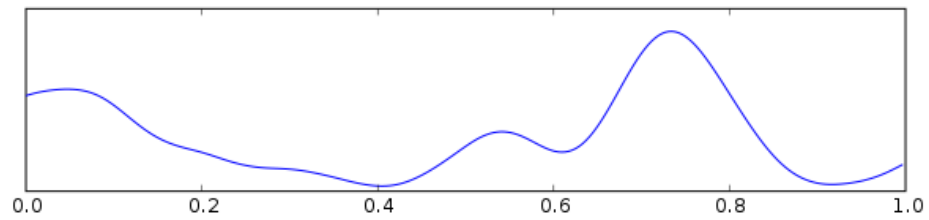


Figure 2.12: Rythme Delta (Adapté de Wikipedia)

Rythme Thêta (de 4 à 7.5 Hz.) (Figure 2.13)

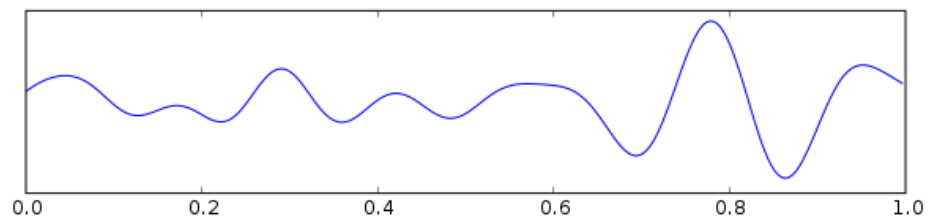


Figure 2.13: Rythme Thêta (Adapté de Wikipedia)

Rythme Alpha (de 8 à 13 Hz.) (Figure 2.14)

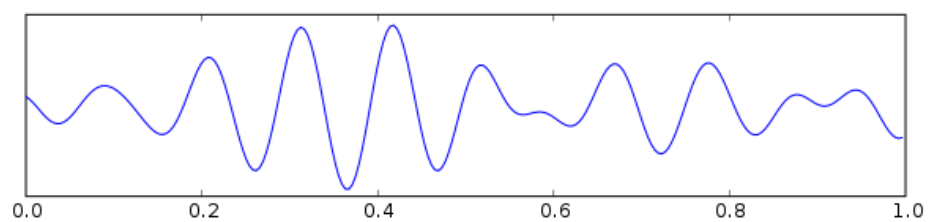


Figure 2.14: Rythme Alpha (Adapté de Wikipedia)

Rythme Bêta (de 14 à 30 Hz) (Figure 2.15)

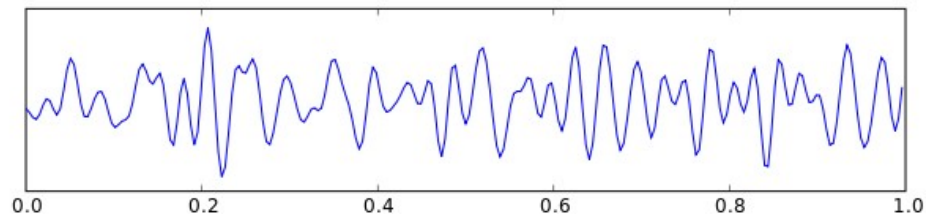


Figure 2.15: Rythme Bêta (Adapté de Wikipedia)

Rythme Gama (> 30 Hz) (Figure 2.16)

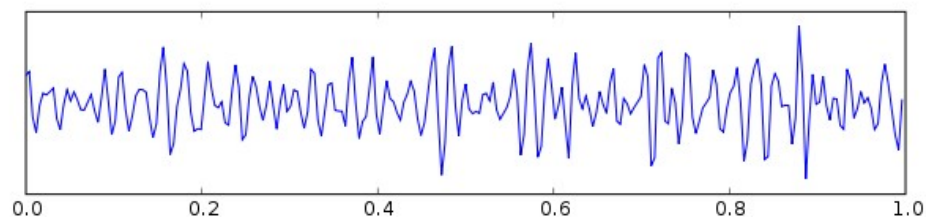


Figure 2.16: Rythme Gama (Adapté de Wikipedia)

2.6 Les Paradigmes Interface Ordinateur-Cerveau (IOC)

Interface Ordinateur-Cerveau peut rester active ou réactive dans le système de IOC; néanmoins il y beaucoup de paradigmes de IOC.

2.7 Quelques Définition Important sur EEG

A l'état d'équilibre potentiels évoqués visuels (EEPEV) est une réponse exogène à un stimuli visuels répétitifs qui oscille généralement au niveau des fréquences fondamentales et harmoniques de la relance vacillante (Wu et al., 2008).

Potentiels de Corticaux Lentsont (PCL) des changements de tension dans EEG qui se produisent lentement au fil du temps, par exemple entre 0,5 à 10 secondes (Wolpaw and Boulay, 2010). Le fait que ces potentiels lents peuvent être consciemment réglementés par la santé et les personnes paralysées, rend PCL un choix pour la conception IOC (Birbaumer et al., 2000; Hinterberger et al., 2004; Birbaumer, 2006).

Rythmes sensorimoteurs (RSM) sont au ralenti (rythmes observable pendant que l'utilisateur est au repos) rythmes mu et bêta éminents sur le cortex sensori-moteur qui sont désynchronisés (supprimées) à l'activation du système du moteur comme le mouvement des mains ou des pieds (Sellers et al., 2010). Ces changements se produisent non seulement avec le mouvement réel, mais aussi avec l'imagination de mouvement (McFarland et al., 2006). Les termes RSM ou rythme mu peuvent être utilisés de manière interchangeable pour définir ce type de ICO Z. Vamvakousis (2013).

3 MATÉRIELS ET MÉTHODES

3.1 Matériels

Quatre matériaux ont été utilisé dans mon projet:

- Dispositif d' Emotive EPOCH
- La platform de Interface Cerveau-Machine, OpenVIBE
- La platform du Prétraitement, Matlab
- Les logiciels de la Classification, Orange Canvas

3.1.1 Dispositif d' Emotive EPOC



Figure 3.1: Dispositif de Emotive EPOC (Adapté de emotive.com)

Emotiv Systems est un firm basée en Australie et aux États-Unis, qui travaille sur une interface neuronale directe pouvant détecter le conscient humain.

Emotive EPOC est présenté comme une “Brain-Computer Interface”. Seulement pour les activités de cerveau, on utilise Brain-Computer Interface. Les activités de cerveau peut taper du text, sentir, régarder quelque choice, jouer de un instrument.

Emotive EPOC a 14 EEG chanel et 2 références.

Telecommunication de Emotive EPOC avec l'ordinateur est sans fil.

3.1.2 La Platform d' OpenVibe

OpenViBE est une framework libre qui a été créée pour travailler sur Interface Cerveau-Ordinateur (acquérir, filtrer, traiter, classer et visualiser les signaux du cerveau en temps réel).

Dans leur dernier ouvrage, Lécuyer et Blonz (2009) indiquent que "En 2005, la recherche sur ce nouveau type d'interface était pratiquement inexistante en France. Des chercheurs français se sont alors mobilisés pour élaborer le projet OpenViBE. Leur objectif était à la fois de mener une recherche innovante sur les interfaces cerveau-ordinateur et de développer un logiciel, gratuit, pour ces interfaces. Le projet, financé par l'Agence Nationale de la Recherche, a rassemblé six partenaires, chacun intervenant dans un domaine scientifique spécifique : l'INRIA (équipe BUNRAKU, coordinateur du projet), l'INSERM, le CEA, l'Association Française contre les Myopathies, le GIPSA Lab et France Télécom R&D.

Résultant aujourd'hui de ce projet, le logiciel OpenViBE propose un outil simple d'accès, mis au service d'applications dans les domaines du multimédia et de la santé. Il s'adresse aussi bien à un public d'initiés (laboratoire de recherche en traitement du signal pouvant l'utiliser pour réaliser des prototypes et tester des prototypes d'interfaces cerveau-ordinateur) que de non-spécialistes : cliniciens (souhaitant simplement utiliser une telle interface dans une application thérapeutique) ou entreprises (développeurs de jeu vidéo utilisant OpenViBE comme périphérique d'interaction). Les utilisateurs programmeurs peuvent développer leur propre code, tandis que les non-programmeurs peuvent se contenter d'utiliser l'interface graphique."

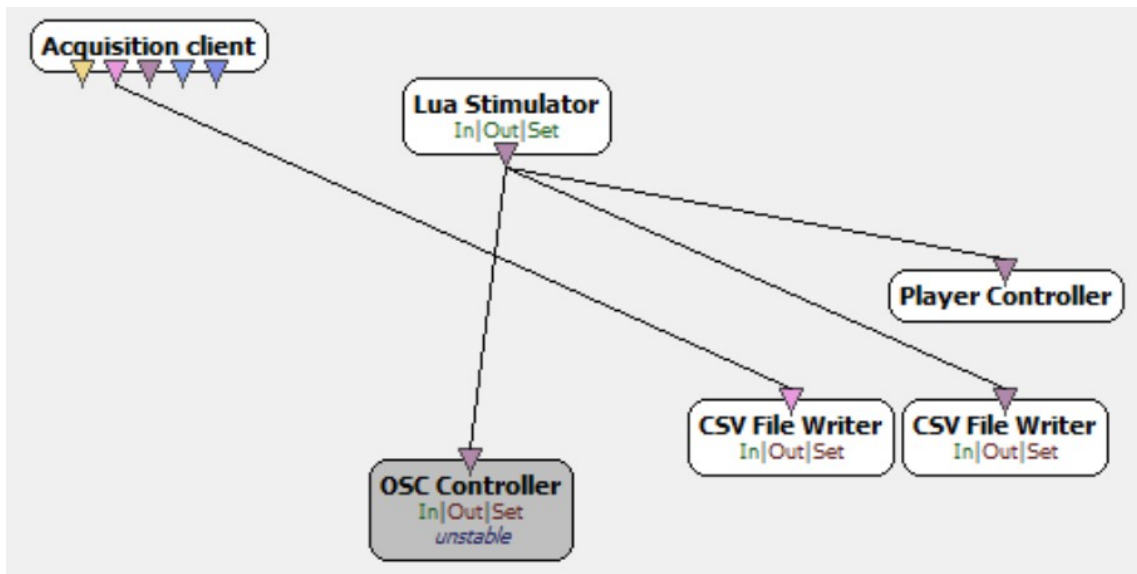


Figure 3.2: Le Scénario du Projet (Adapte de mon ordinateur)

La boîte des outils, Acquisition imprime les signaux qui ont été reçus de Emotive EPOC à CSV File Writer pour que CSV File Writer peut les enregistrer. Dans le CSV File, les signaux sont transformés en valeurs numériques. Lua Stimulator envoie les stimulations par rapport au scénario du projet.

3.1.3 La Platform de Matlab

La société The MathWorks a développé MATLAB pour le utiliser à des fins de calcul numérique (manipuler des matrices, d'afficher des courbes et des données, de mettre en œuvre des algorithmes, de créer des interfaces utilisateurs). Les utilisateurs de MATLAB sont les gens qui sont des secteurs et différents comme l'ingénierie, les sciences et l'économie. Ces gens font de recherche sur les sujet liés à leur secteurs.

Matlab peut nous fournir:

- L' environnement du développement de la productivité élevée
- Les applicaitons et les boîtes des outils extensives
- Le déploiement vectorisé et la performance vectorisée
- L' assurance de la fiabilité et de la qualité

Dans le code de MATLAB on a fait:

- 1)record.csv et stim.csv fichiers sont lits.
- 2)on applique de la normalization sur record.
- 3)record.csv a été coupé par rapoport à stim.csv pour obtenir les donnée de EEG pour chaque chanson.
- 4)On a construit une structure qui nous fournit les information pour chaque chanson.
- 5)On a applique le methode pwelch sur chaque chanel par chanson.
- 6)On a construit une structure qui nous fournit les information sur les résultats par chanson et chanel.
- 7)On a construit une matrice suitable pour Orange Canvas qui sont un logiciel de classification.

Dans mon projet, j 'ai le utilise pour faire de traitement sur le EEG donné et j' a le traité pour chaque chanel pour les entrer à Orange Canvas.

Par exemple pour le chanel AF3(appliqué $10 \cdot \log$) (Figure 3.4)

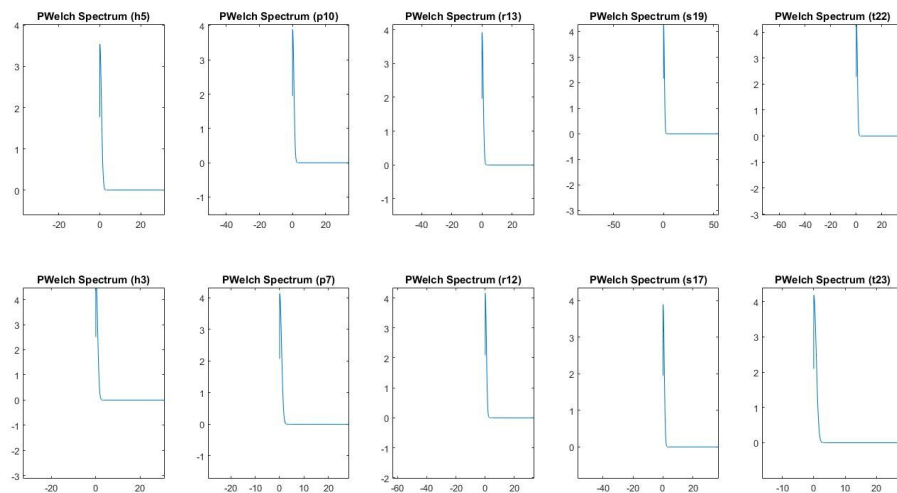


Figure 3.3: Power Spectrum du Chanel de AF3 (Adapté de mon projet)

3.1.4 La Platform de Orange

Orange est un logiciel qui fait d'exploration de données en proposant des fonctionnalités de modélisation à travers une interface visuelle (une grande variété de modalités de visualisation et des affichages variés dynamiques). Orange a été développé en Python et aussi Orange est un logiciel libre. Orange a trois versions pour Windows, Mac et Linux.

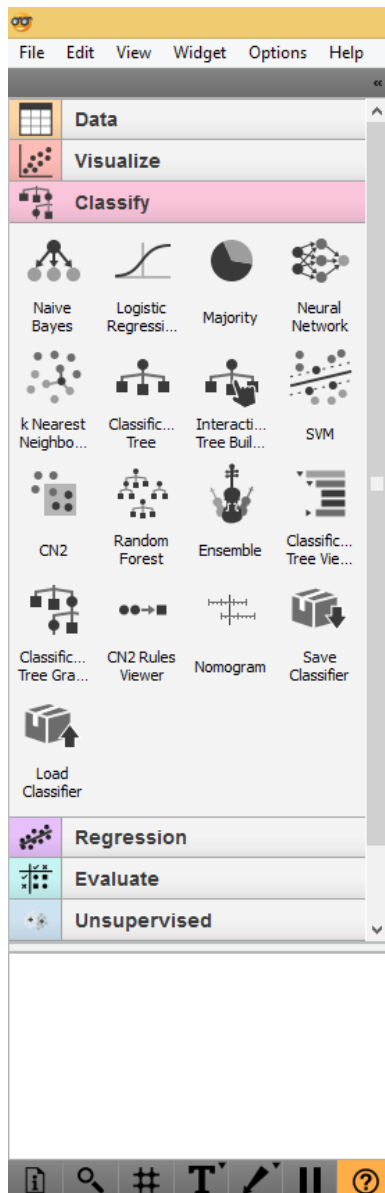


Figure 3.4: Menu de Orange

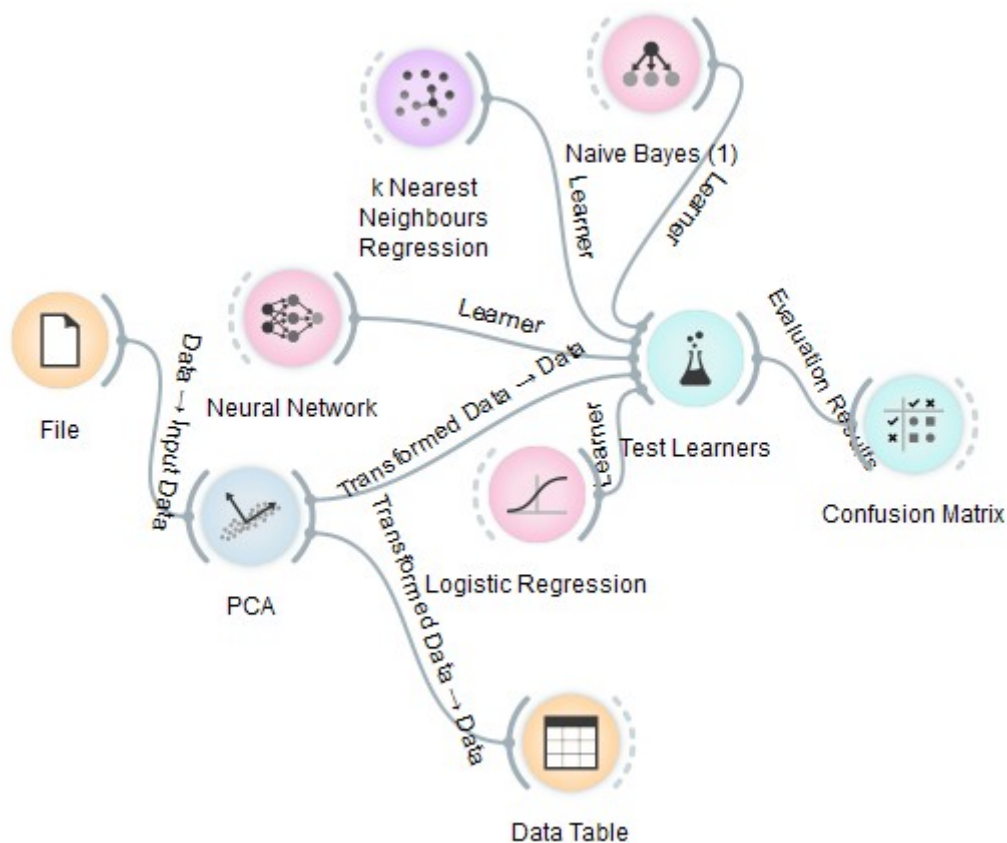


Figure 3.5 : Le Schéma du design de mon Projet

Dans mon projet, on pense les algorithmes de la classification: K-nearestneighbor, Neural Network, Naive Bayes, et Logistic Regression.

3.2 Les Algorithmes de la Classification

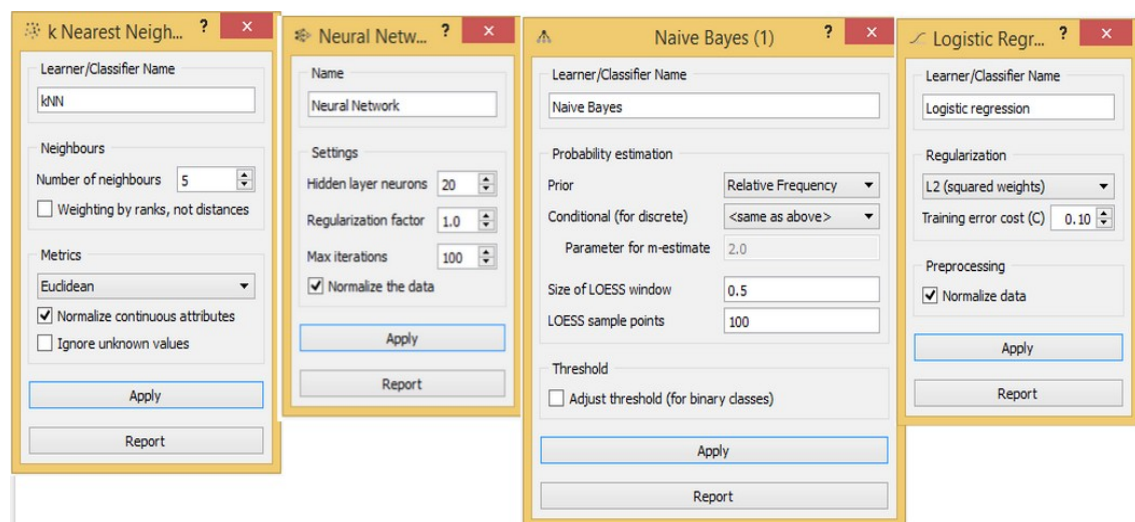


Figure 3.6: Les Algorithmes de la Classification Dans Mon Projet

3.2.1 K-nearestneighbor

Il y a de N entre-sortie à ce méthode et on calcule le résultat en choicant les valeurs plus proches dans la donnée de l' entre sortie.

Soient :

- un espace E de dimension D ;
- un ensemble A de n points dans cet espace ($A \subset E$) ;
- un entier k plus petit que n .

La recherche des plus proches voisins est utilisé pour déterminer quels sont les k points de A les plus proches de x qui est un point de E et qui est à A ou pas. On peut obtenir alors un voisinage de taille k autour du point x .

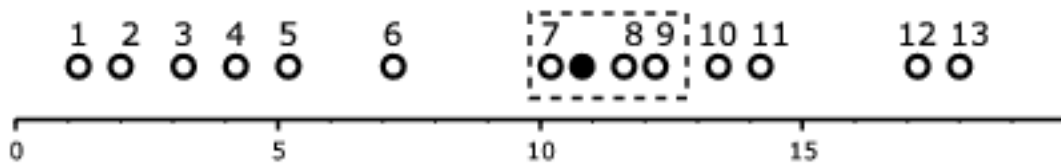


Figure 3.7: Example de K nearestneighbour ($D=1$, $k=3$) (Adapté de Wikipedia)

3.2.2 Neural Network

Réseaux de Neurones est un graphe valué qui est constitué d' un ensemble d' automats qui font les calculs élémentaires et peuvent envoyer les données parmi eux.

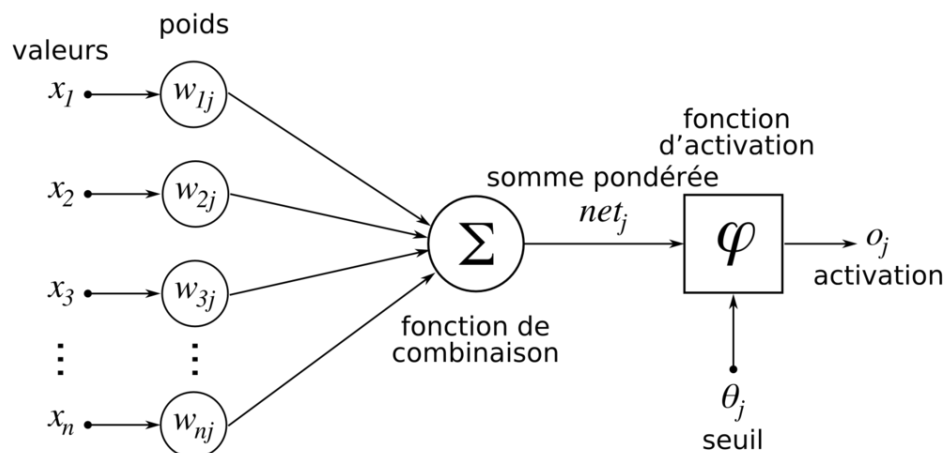


Figure 3.8: Classifier de Réseaux Neuronal (Adapté de Wikipedia)

Comme le figure 3.x, on applique la méthode de pondération sur les entrées et les classifie donc par rapport aux seuils.

3.2.3 Naive Bayes

Le classifieur naïve bayésienne travaille sur le théorème de Bayes; en sort que naive bayes est le classifieur Bayésienne probabiliste simple.

The diagram shows the Bayes' Rule formula: $P(c | x) = \frac{P(x | c)P(c)}{P(x)}$. Arrows point from labels to the corresponding parts of the formula: 'Likelihood' points to $P(x | c)$, 'Class Prior Probability' points to $P(c)$, 'Posterior Probability' points to $P(c | x)$, and 'Predictor Prior Probability' points to $P(x)$.

$$P(c | X) = P(x_1 | c) \times P(x_2 | c) \times \cdots \times P(x_n | c) \times P(c)$$

Figure 3.9: Bayes Rule (Adapté de www.saedsayad.com)

On réalise le schéma des valeurs du posterior, on peut donc classifie les donnée en un dimension ou multidimensions.

3.2.4 Logistic Regression

Dans le site, le site des francophone le plus complet sur spss 17, on explique la régression logistique comme la suivant :

"La régression logistique propose de tester un modèle de régression dont la variable dépendante est dichotomique (codée 0-1) et dont les variables indépendantes peuvent être continues ou catégorielles. La régression logistique binomiale s'apparente beaucoup à la régression linéaire. Le poids de chaque variable indépendante est représenté par un coefficient de régression et il est possible de calculer la taille d'effet du modèle avec un indice semblable au coefficient de détermination (pseudo R^2). Toutefois, elle ne nécessite pas la présence d'une relation linéaire entre les variables puisque la variable dépendante est dichotomique.

Un modèle de régression logistique permet aussi de prédire la probabilité qu'un événement arrive (valeur de 1) ou non (valeur de 0) à partir de l'optimisation des coefficients de régression. Ce résultat varie toujours entre 0 et 1. Lorsque la valeur prédite est supérieure à 0,5, l'événement est susceptible de se produire, alors que lorsque cette valeur est inférieure à 0,5, il ne l'est pas. "

3.3 Expérience

Le scénario sur OpenVibe a été réalisé et puis le donnée de EEG a été pris par rapport au scénario du projet.

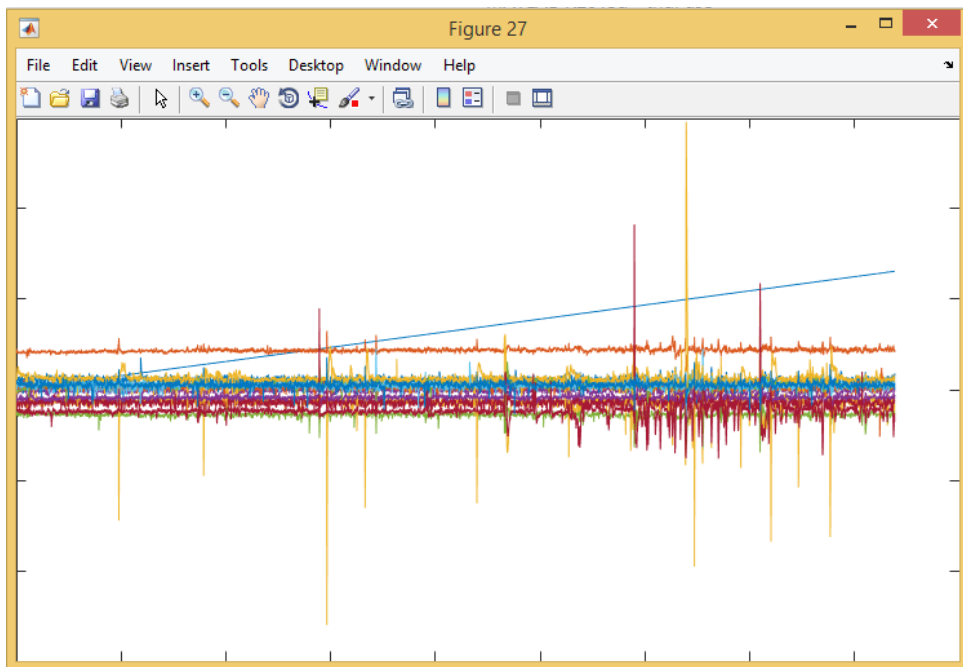


Figure 3.10: Plot de Toute Donnée de EEG

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	Times	AF1	F1	F2	FC1	T1	P1	O3	O4	P2	T2	FC2	F5	F6	AF2	SamplingRa...
	NUMBER	NUMBER	NUMBER	NUMBER	NUMBER	NUMBER	NUMBER	NUMBER	NUMBER	NUMBER	NUMBER	NUMBER	NUMBER	NUMBER	NUMBER	TEXT
1	Time (s)	AF3	F7	F3	FC5	T7	P7	O1	O2	P8	T8	FC6	F4	F8	AF4	Sampling R...
2	0.0000000...	4.72461523...	4.16820507...	4.30871777...	4.06256420...	4.42000000...	4.18461523...	4.47179492...	4.32666650...	4.18205126...	4.23025634...	4.31333349...	4.29435888...	4.10717968...	4.37538476...	128
3	7.81250000...	4.72358984...	4.17128222...	4.30923095...	4.06256420...	4.41948730...	4.18615380...	4.46871777...	4.33384619...	4.18410253...	4.23282031...	4.31794873...	4.29794873...	4.10974365...	4.37897412...	
4	1.56250000...	4.72358984...	4.17179492...	4.30820507...	4.06358984...	4.41846142...	4.18769238...	4.46307714...	4.33230761...	4.18717968...	4.23282031...	4.32000000...	4.29743603...	4.10923095...	4.38000000...	
5	2.34375000...	4.72205126...	4.16871777...	4.30820507...	4.06205126...	4.41871796...	4.18717968...	4.45897412...	4.32923095...	4.19128222...	4.23128222...	4.31487158...	4.29384619...	4.10666650...	4.37589746...	
6	3.12500000...	4.72205126...	4.16615380...	4.31230761...	4.06256420...	4.41230761...	4.18564111...	4.45692285...	4.33333349...	4.19897412...	4.23128222...	4.31589746...	4.29743603...	4.10666650...	4.37282031...	
7	3.90625000...	4.72358984...	4.16564111...	4.31435888...	4.06512817...	4.41384619...	4.18615380...	4.45589746...	4.33538476...	4.20769238...	4.23743603...	4.32256396...	4.30410253...	4.10923095...	4.37282031...	
8	4.68750000...	4.72615380...	4.17128222...	4.31230761...	4.06512817...	4.41948730...	4.19435888...	4.45230761...	4.33743603...	4.21846142...	4.24717968...	4.32512841...	4.30512841...	4.11589746...	4.37435888...	
9	5.46875000...	4.72358984...	4.17025634...	4.31076904...	4.06307690...	4.42256396...	4.19794873...	4.44615380...	4.34205126...	4.23025634...	4.24974365...	4.32256396...	4.30512841...	4.11743603...	4.37230761...	
10	6.25000000...	4.71846142...	4.16051269...	4.31128222...	4.06410253...	4.41948730...	4.19538476...	4.44051269...	4.33794873...	4.23128222...	4.24512841...	4.31743603...	4.30102587...	4.10871777...	4.36717968...	
11	7.03125000...	4.72051269...	4.16666650...	4.31333349...	4.06102563...	4.41846142...	4.19384619...	4.43538476...	4.33384619...	4.23230761...	4.24512841...	4.31589746...	4.29692285...	4.10461523...	4.36974365...	
12	7.81250000...	4.72717968...	4.17538476...	4.31538476...	4.05897436...	4.42000000...	4.19128222...	4.43179492...	4.34051269...	4.24512841...	4.24974365...	4.32000000...	4.30307714...	4.10871777...	4.37641015...	
13	8.59375000...	4.72769238...	4.16820507...	4.31230761...	4.06205126...	4.41538476...	4.19282031...	4.42974365...	4.34410253...	4.25282031...	4.25128222...	4.32205126...	4.30923095...	4.10769238...	4.37897412...	
14	9.37500000...	4.72256396...	4.16256396...	4.30717968...	4.05794873...	4.41128222...	4.19333349...	4.42615380...	4.34051269...	4.25384619...	4.24923095...	4.32000000...	4.30512841...	4.10358984...	4.37384619...	

Figure 3.11: Fichier de record.csv

	A	B	C
	Times	Identifier	Duration
	NUMBER ▼	NUMBER ▼	NUMBER ▼
1	Time (s)	Identifier	Duration
2	2.00244140...	19	0.00000000...
3	1.40024414...	0	0.00000000...
4	1.50024414...	5	0.00000000...
5	2.70024414...	0	0.00000000...
6	2.80024414...	10	0.00000000...
7	4.00024414...	0	0.00000000...
8	4.10024414...	8	0.00000000...
9	5.30024414...	0	0.00000000...
10	5.40024414...	24	0.00000000...
11	6.60024414...	0	0.00000000...
12	6.70024414...	25	0.00000000...
13	7.90024414...	0	0.00000000...
14	8.00024414...	13	0.00000000...
15	9.20024414...	0	0.00000000...
16	9.30024414...	4	0.00000000...
17	1.05002441...	0	0.00000000...
18	1.06002441...	14	0.00000000...
19	1.18002441...	0	0.00000000...
20	1.19002441...	17	0.00000000...
21	1.31004980...	32770	0.00000000...

Figure 3.12: Fichier de stim.csv

Record.csv a été coupé par rapport aux stim.csv comme la suivant:

```

Cutting between 20.02 and 140.02 for song 19 (120.00 seconds)
Cutting between 150.02 and 270.02 for song 5 (120.00 seconds)
Cutting between 280.02 and 400.02 for song 10 (120.00 seconds)
Cutting between 410.02 and 530.02 for song 8 (120.00 seconds)
Cutting between 540.02 and 660.02 for song 24 (120.00 seconds)
Cutting between 670.02 and 790.02 for song 25 (120.00 seconds)
Cutting between 800.02 and 920.02 for song 13 (120.00 seconds)
Cutting between 930.02 and 1050.02 for song 4 (120.00 seconds)
Cutting between 1060.02 and 1180.02 for song 14 (120.00 seconds)
Cutting between 1190.02 and 1310.05 for song 17 (119.72 seconds)

```

Figure 3.13: Comment-on coupe de la donnée de EEG pour chaque chanson

On fait de prétraitement sur Matlab en appliquant l' algorithme de Puissance de Densité (Méthode de Pwelch).On a pris les résultats de chaque chanel par chanson.

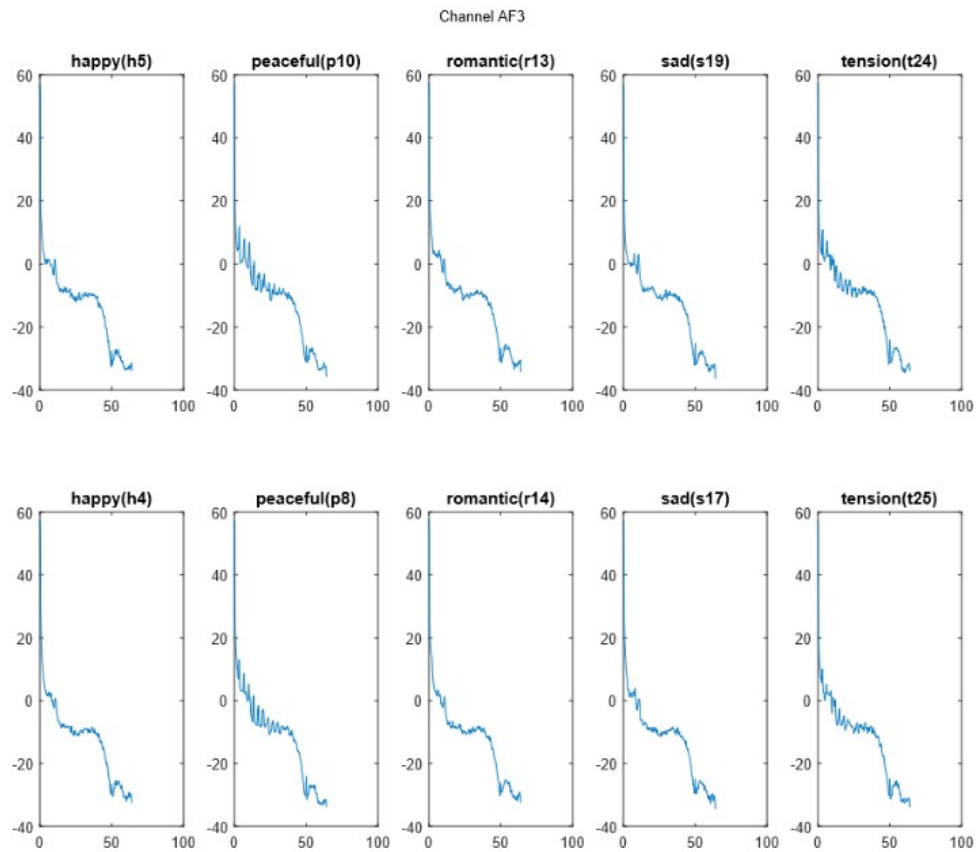


Figure 3.14: Les Résultats de Pwelch sur la chanel de AF3.

On a coupé les puissances par rapport aux fréquences qui sont correspondants aux bandes électromagnétique du cerveau (alpha,beta etc.) et donc a constitué une matrice 10 lignes(10 chansons) et 71 colons (5 bandes pour chaque chanel,5x14 aussi value de

clé,1 donc $5 \times 14 + 1 = 71$)

10x71 double										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4.7598	0.5697	-1.9963	-7.7167	-8.4220	10.2288	2.9031	1.2835	-2.2891	-3.3069
2	8.8480	2.0899	-1.0033	-7.0883	-8.1779	20.6988	12.2160	7.6572	0.7514	-1.8141
3	6.1730	2.1118	0.1240	-5.3152	-6.3600	9.9606	3.7697	1.2685	-3.4861	-4.2243
4	10.0121	3.7264	0.2878	-5.1825	-5.5810	12.5335	4.9876	2.3545	-0.8588	-1.2247
5	7.1643	2.9159	-0.8160	-6.6652	-8.3816	11.9790	3.9364	1.2287	-3.0741	-5.0285
6	10.1742	2.3958	-1.0465	-7.2046	-8.3548	13.3598	4.7759	1.6000	-1.9684	-1.6932
7	3.0236	0.2760	-1.2484	-7.8186	-7.8791	9.7126	2.8217	1.5097	-0.4825	-1.2980
8	7.8440	2.0953	-1.1592	-7.0454	-9.0105	12.2588	3.9655	1.0247	-2.8837	-4.2566
9	5.7309	3.0795	-0.0786	-4.3575	-6.4423	10.6703	4.1577	0.9501	-3.2871	-4.9768
10	7.0461	2.1835	0.1324	-5.4832	-7.4653	16.6630	5.1030	1.4229	-1.3432	-1.5582

Figure 3.15: Matrice qui est pensée pour la classifier dans Orange Canvas.

Et puis chaque chanson est divisée en subpartitions. Grace à ces valeurs de puissance, on a construit une matrice de deux dimension $((10 \times 10) \times (14 \times 5 + 1)) = (100, 71)$. (Chaque chanson a dix subpartition, et il y aussi dix chansons, donc il y a 100 lignes; de même le même calcul précédent de 71 colons, il y a quatorze chanel, cinq bandes et aussi un nombre qui est clé pour classification.) Et puis on a entré cette matrice à Orange en appliquant les méthodes de NaiveBayes, Neural Network, k nearest-neighbour, logistic regressive.

	Method	CA	Sens	Spec	AUC	Prec	Recall	Brier
1	kNN	0.3400	0.6000	0.8000	0.6900	0.4286	0.6000	0.8700
2	Neural Network	0.4400	0.5000	0.9000	0.8300	0.5556	0.5000	0.7209
3	Naive Bayes	0.2800	0.3000	0.8250	0.6300	0.3000	0.3000	1.1055
4	Logistic regression	0.4200	0.5000	0.8500	0.8200	0.4545	0.5000	0.7279

Tableau 3.1: Les Succès des Méthodes (Supervisé)

En conclusion on a pu réaliser à classifier les chansons par rapport à ses émotions.

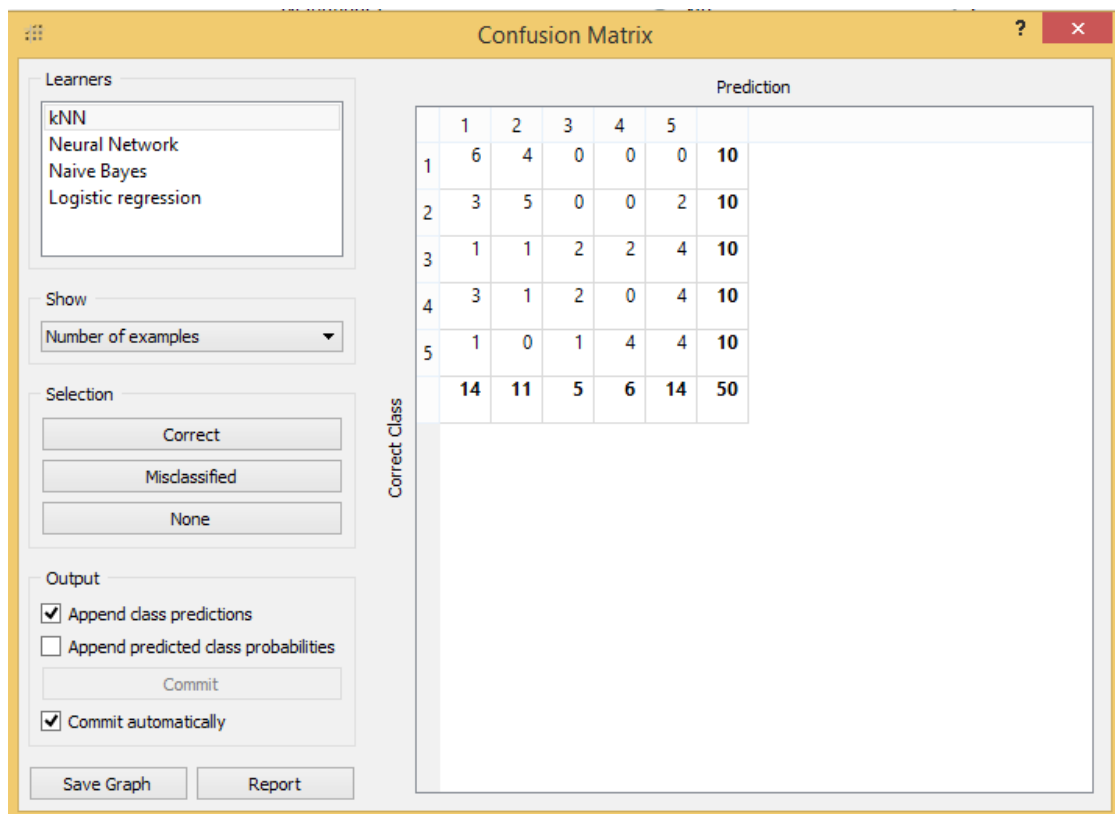


Figure 3.16 : Le Matrice de la Confusion

4 CONCLUSION

Pendant mon projet, j' ai réussi à collecter de EEG donnée par rapport au scénairo, à faire de prétraitement sur EEG donnée en appliquant l' algorithme de puissance de densité. De cette manière, j' ai pu faire extraire les attributs de la donnée de EEG de chaque chanson. Et puis, j' ai construit une matrice qui peut nous fournir les vecteurs de chaque channel et de chaque chanel. Et donc j' ai obtenu la matrice qui va être insérée au logiciel de l' apprentissage machine qui s' appelle Orange. Dans ce point on a complété de faire prétraitement. Pour la dernière étape, on a réalisé classification.

Dans cette étude, on a pu réussir à réaliser l' apprentissage machine pour déterminer les émotions (heureux, romantique, triste, pacifique, tendu) des chanson environment avec le taux de 50 % de la réussite. D' après mes idées, il faut avoir plus de la réussite.

Les problèmes que j' ai vécu pendant le projet:

- 1) Les gens qui a écouté les chansons n' a pas pu avoir de possibilité suitable et aussi le moral suitable.
- 2) Les choix de chanson peut être fausse.
- 3) Il faut étudier sur beaucoup de chansons.
- 4) On a besoin de temps pour faire un vrai étude academique.
- 5) Il faut avoir de meuller équipements pour l' étude.

Aujourd' hui Cerveau Interface Ordinateur est un domaine d' étude très active. Pour mes études, l' idée de mon Project vient des maladies mentaux. Les émotions de humain et les comprendre sont très importants au point de comprendre la relation entre le centre des émotions dans le cerveau et la management des émotions.

Il y peut avoir des travaux sont comme les suivantes:

- 1) Amélioration Cognitive (en appliquant les méthodes électromagnétiques)

- 2) Amélioration de la capacité du cerveau (en appliquant les méthodes électromagnétiques)
- 3) Comprendre les états et les intentions de humain.
- 4) Evaluation (Application d' apprentissage machine sur les activités de cerveau et donner les services neurologiques (Neuroergonomie et Neuromarketing))
- 5) Jeu et Divertissement (Managements des Consoles et tout)

Références

13.3 EEG LEAD SYSTEMS. (2015). [en ligne].

Disponible sous:

< <http://www.bem.fi/book/13/13.htm> >

'Beautiful but sad' music can help people feel better. (2014). [en ligne].

[Accès 19 Février 2014]. . Disponible sous:

< <http://www.sciencedaily.com/releases/2014/02/140219095507.htm> >

Corpus Callosum. (2015). [en ligne].

[Accès 13 Mai 2009]. . Disponible sous:

< http://en.wikipedia.org/wiki/Corpus_callosum#/media/File:Gray720.png >

Definition. (2015). [en ligne].

[Accès 15 Mai 2015]. . Disponible sous:

<[http://fr.wikipedia.org/wiki/Onde_%C3%A9lectromagn
%C3%A9tique#/media/File:Onde_electromagnetique.svg](http://fr.wikipedia.org/wiki/Onde_%C3%A9lectromagn%C3%A9tique#/media/File:Onde_electromagnetique.svg)>

EEG Patterns in Mild Cognitive Impairment (MCI) Patients. (2008). [en ligne].

[Accès 2008]. . Disponible sous:

< http://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=2577940_TONIJ-2-52_F1&req=4 >

Emotive Systems. (2015). [en ligne].

[Accès 15 Avril 2015]. . Disponible sous:

< http://fr.wikipedia.org/wiki/Emotiv_Systems >

Günaydın, T. (2015) Un Modèle de Prothèse de Bras Avec La Technologie d'Interface d'Ordinateur de Cerveau. Undergraduate's thesis, Galatasaray University.

High-Productivity Analysis and Modeling Tools. (1994). [en ligne].
[Accès 2015]. . Disponible sous:

< <http://www.mathworks.com/discovery/matlab-vs-r.html>>

Le cerveau est partagé en 4 lobes qui ont chacun une fonction. (2011). [en ligne].

[Accès 29 Septembre 2011]. . Disponible sous:

< http://jeminstruis.blogspot.com.tr/2011_09_01_archive.html>

c) Le potentiel d'action. (2009). [en ligne].

[Accès 18 Janvier 2009]. . Disponible sous:

< <http://www.cours-pharmacie.com/physiologie/systeme-nerveux.html>>

Lobes of the Brain. (2015). [en ligne].

[Accès 20 Mai 2015]. . Disponible sous:

< <http://www.md-health.com/Lobes-Of-The-Brain.html>>

Make Some Noise: Treating Mental Disorders With the Power of Music. (2012). [en ligne].

[Accès 16 Juin 2012]. . Disponible sous:

< <http://www.theatlantic.com/health/archive/2012/06/make-some-noise-treating-mental-disorders-with-the-power-of-music/258941/>>

Music changes perception, research shows. (2011). [en ligne].

[Accès 27 Avril 2011]. . Disponible sous:

< <http://www.sciencedaily.com/releases/2011/04/110427101606.htm>>

Music reduces anxiety in cancer patients. (2011). [en ligne].

[Accès 10 Août 2011]. . Disponible sous:

< <http://www.sciencedaily.com/releases/2011/08/110809212424.htm>>

Music Therapy for Treatment of Psychiatric Disorders. (2007). [en ligne].

[Accès 09 Octobre 2007]. . Disponible sous:

< <http://www.healthypace.com/alternative-mental-health/treatments/music-therapy-for-treatment-of-psychiatric-disorders/>>

Naive Bayesian.(2010).[en ligne].

[Accès 2010-2015].. Disponible sous:

< http://www.saedsayad.com/naive_bayesian.htm>

OpenViBE : un logiciel pour les interfaces cerveau-ordinateur.(2009).[en ligne].

[Accès 13 Mai 2009]..Disponible sous:

< https://interstices.info/jcms/c_45638/openvibe-un-logiciel-pour-les-interfaces-cerveau-ordinateur >

Positive mood allows human brain to think more creatively. (2010). [en ligne].

[Accès 15 Décembre 2010]. . Disponible sous:

<<http://www.sciencedaily.com/releases/2010/12/101215113253.htm>>

Régression logistique. (2015). [en ligne].

[Accès 2015].. Disponible sous:

< <http://spss.espaceweb.usherbrooke.ca/pages/stat-inferentielles/regression-logistique.php> >

Réseaux de neurones artificiels.(2015).[en ligne].

[Accès 12 Juin 2015]..Disponible sous:

< https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_de_neurones_artificiels >

Rythme Cérébral. (2015). [en ligne].

[Accès 13 Avril 2015].. Disponible sous:

< http://fr.wikipedia.org/wiki/Rythme_c%C3%A9r%C3%A9bral>

Schéma d'un neurone. (2015). [en ligne].

[Accès 1 Mai 2015].. Disponible sous:

< <http://fr.wikipedia.org/wiki/Neurone#/media/File:Neuron-figure-fr.svg>>

Système limbique et l' amygdale. (2015). [en ligne].

< <http://www.vetopsy.fr/comportement/memoire/memoire-long-terme-non-declarative-bases-neurobiologiques-memoire-emotionnelle.php#biblio>>

Zander, T., Kothe, C., Welke, S., and Roetting, M. (2008). Enhancing human-machine systems with secondary input from passive brain-computer interfaces. In Proc of the 4th Int BCI Workshop & Training Course. Graz University of Technology Publishing House, Graz, Austria.

Why do we enjoy listening sad music ?. (2013). [en ligne].

[Accès 11 Juillet 2013].. Disponible sous:

< <http://www.sciencedaily.com/releases/2013/07/130711135459.htm>>

Annexe A

```
1 -- added math.randomseed to randomize
2 math.randomseed(os.time())
3 -- the method that shuffle an array
4 local function shuffleTable(t)
5     local rand = math.random
6     local iterations = #t
7     local j
8     for i = iterations, 2, -1 do
9         j = rand(i)
10        t[i], t[j] = t[j], t[i]
11    end
12 end
13 --category number
14 n_category = 5
15 --number of songs per category
16 n_songs_per_cat = 5
17 --number of songs for each category
18 n_songs_from_each = 2
19 --
20 songs = {}
21 songs_to_play = {}
22
23 -- this function is called when the box is initialized
24 function initialize(box)
25     dofile(box:get_config("${Path_Data}") .. "/plugins/stimulation/lua-stimulator-stim-codes.lua")
26     io.write("initialize has been called\n");
27     for i = 1, n_category do
28         songs[i] = {}
29         -- [1:5]->happy, [6:10]->peaceful, [11,15]->romantic, [16,20]->sad, [21,25]->tension
30         for j = 1, n_songs_per_cat do
31             songs[i][j] = (i-1)*5 + j
32         end
33         -- songs are shuffled
34         shuffleTable(songs[i])
35         for k = 1, n_songs_from_each do
36             table.insert(songs_to_play, songs[i][k])
37         end
38     end
39     shuffleTable(songs_to_play)
40 end
```

```

42 -- this function is called when the box is uninitialized
43 function uninitialize(box)
44     io.write("uninitialize has been called\n")
45 end
46 -- this function makes stimulation stopped till the next stimulation
47 function wait_until(box, time)
48     while box:get_current_time() < time do
49         box:sleep()
50     end
51 end
52
53 function wait_for(box, duration)
54     wait_until(box, box:get_current_time() + duration)
55 end
56
57 function process(box)
58     io.write("process has been called\n")
59     -- song playing duration
60     local playback_duration = 120
61     -- initial waiting duration
62     local initial_wait = 20
63     -- white noise duration
64     local interstimulus_duration = 10
65
66     -- first wait
67     wait_for(box, initial_wait)
68     --songs are played after stimulations
69     for i=1,#songs_to_play-1 do
70         box:send_stimulation(1, songs_to_play[i], box:get_current_time()+0.025, 0)
71         wait_for(box, playback_duration)
72         -- 0 may mean that we stop the song
73         box:send_stimulation(1, 0, box:get_current_time()+0.025, 0)
74         wait_for(box, interstimulus_duration)
75     end
76     --the last song is played
77     box:send_stimulation(1, songs_to_play[#songs_to_play], box:get_current_time()+0.025, 0)
78     wait_for(box, playback_duration)
79     -- stop the scenario
80     box:send_stimulation(1, OVTK_StimulationId_ExperimentStop, box:get_current_time()+0.050, 0)
81 end

```

Annexe B

```
1  #!/usr/bin/python
2  # MusicPlayer, https://github.com/albertz/music-player
3  # Copyright (c) 2012, Albert Zeyer, www.az2000.de
4  # All rights reserved.
5  # This code is under the 2-clause BSD license,
6  # see License.txt in the root directory of this project.
7
8  import sys, os, glob
9  import musicplayer
10 import liblo
11
12 # libraries are imported.
13
14 musicplayer.setFfmpegLogLevel(0)
15 # the array that songs are registered is declared.
16 files = []
17
18 song_idx = 0
19
20 # Declaration of Song Class
21
22 class Song:
23     def __init__(self, fn, path_prefix="files/"):
24         self.url = path_prefix + fn
25         self.f = open(self.url)
26
27     def __eq__(self, other):
28         return self.url == other.url
29
30     def readPacket(self, bufSize):
31         s = self.f.read(bufSize)
32         return s
33
34     def seekRaw(self, offset, whence):
35         r = self.f.seek(offset, whence)
36         return self.f.tell()
37
38     # seekRel: relative seek, already exists
```

```

40 def songs():
41     global song_idx, files
42     while True:
43         tmp = Song(files[song_idx])
44         tmp.seekRaw(0, 0)
45         yield tmp
46
47 def peekSongs(n):
48     nexti = song_idx + 1
49     if nexti >= len(files):
50         nexti = 0
51     return map(Song, (files[nexti:] + files[:nexti]))[:n]
52
53
54 ### main
55
56 if __name__ == '__main__':
57     # get mp3 files in a list
58     # sort the files, h, p, r, s, t
59     files = sorted(glob.glob1("files", "*.mp3"))
60     song_type_names = ["", "happy", "peaceful", "romantic", "sad", "tension"]
61
62     # Noise is the 0'th song in the playlist
63     files.insert(0, "noise/pink.mp3")
64
65     # Silence is the last song in the playlist
66     files.append("noise/silence.mp3")
67
68     print "Playlist:"
69     for i, f in enumerate(files):
70         print "%2d\t%s" % (i, f)
71     #Creation of Music Player
72     player = musicplayer.createPlayer()
73     player.outSamplerate = 44100
74     player.queue = songs()
75     #player.peekQueue = peekSongs
76     player.playing = False
77

```

```

78     # create server, listening on port 9001
79     try:
80         server = liblo.Server(9001)
81     except liblo.ServerError, err:
82         print str(err)
83         sys.exit()
84
85     def msg_callback(path, args):
86         i = args[0]
87         global song_idx
88         # Determination of playing according to song_idx [1:25]
89         if 0 <= i <= 25:
90             song_idx = i
91             player.playing = True
92         else:
93             song_idx = -1
94             player.nextSong()
95
96     # register method taking a blob, and passing user data to the callback
97     server.add_method("/openvibe/music_trigger", 'i', msg_callback)
98
99     # loop and dispatch OSC messages every 100ms
100    while True:
101        server.recv(200)

```

Annexe C

```
1 - format long g;
2
3 - dirName=pwd;
4 - key=strcat(dirName,filesep,'*.csv');
5 - files = dir(key);
6
7 - record_path = strcat(dirName,filesep,'record.csv');
8 - stim_path = strcat(dirName,filesep,'stim.csv');
9
10 % Reject last column
11 - stim_to_import = importdata(stim_path);
12 - stim = stim_to_import.data(:, 1:end-1);
13
14 % Reject last column
15 - record_to_import = importdata(record_path);
16 - record = record_to_import.data(:, 1:end-1);
17
18 % Create variables for channel names inside the workspace
19 - record_to_import.colheaders(1) = [];
20 - record_to_import.colheaders(end) = [];
21 - channel_names = record_to_import.colheaders;
22 - for r=1:size(record_to_import.colheaders, 2)
23     eval(strcat(record_to_import.colheaders{r}, '=', int2str(r)));
24 - end
25
26 % Normalizasyon
27 - X = record(:, 2:end);
28
29 % Average channel of 14 channels
30 - average_channel = mean(X, 2);
31 - average_channel_matrix = repmat(average_channel, 1, length(channel_names));
32 - record(:, 2:end) = X - average_channel_matrix;
33
34 % sampling period
35 - Fs = 128;
36 - Ts = 1 / Fs;
37 - nb_bands = 5;
38
39 - numberOfsongs = 10;
40 - playing_time = 120;
41 - playing_time_points = 120 * Fs;
42 - pause_time = 10;
43 - numberOfbands=5;
44
45 - song_cats = {'happy', 'peaceful', 'romantic', 'sad', 'tension'};
46
47 % Get the list of played songs
48 - songs = stim(1:2:end, 2)';
```



```

50     % Cut the song EEG's
51     next_song = 1;
52     for i=1:2:numberOfsongs*2
53         song_number = stim(i, 2);
54         song_idx = record(:, 1) >= stim(i, 1) & record(:, 1) <= stim(i + 1, 1);
55         cat_idx = ceil(song_number / length(song_cats));
56         data = record(song_idx, 2:end);
57         fprintf('Cutting between %.2f and %.2f for song %d (%.2f seconds) \n',...
58             stim(i, 1), stim(i+1, 1), song_number, length(data(:, 1)) / Fs);
59         cat_name = song_cats{cat_idx};
60         Song_Structure(next_song).name = strcat(cat_name(1), int2str(song_number));
61         Song_Structure(next_song).cat_label = cat_idx;
62         Song_Structure(next_song).cat = cat_name;
63         Song_Structure(next_song).eeg = data;
64         Song_Structure(next_song).band_powers = [];
65         next_song = next_song + 1;
66     end
67
68     % Sort the structures
69     Afields = fieldnames(Song_Structure);
70     Acell = struct2cell(Song_Structure);
71     sz = size(Acell);
72     Acell = reshape(Acell, sz(1), []);
73     Acell = Acell';
74     Acell = sortrows(Acell, 2);
75     Acell = reshape(Acell', sz);
76     AsortedStructOf_Songs = cell2struct(Acell, Afields, 1);
77
78     features = zeros(length(songs), (nb_bands * length(channel_names)) + 1);

```

```

80 % Iterate over channels
81 - for j=1:length(channel_names)
82 -     h = figure('visible', 'off');
83
84 -     plot_id = 1;
85 -     for id=[1:2:length(AsortedStructOf_Songs) 2:2:length(AsortedStructOf_Songs)]
86 -         data = AsortedStructOf_Songs(id).eeg;
87 -         % obtain size of data
88 -         [N, nu] = size(data);
89 -         % generates time vector
90 -         t=(1:N) * Ts;
91
92 -         [ps, freq] = pwelch(data(:, j), 512, 256, 512, Fs, 'psd');
93 -         ps = 10*log10(ps);
94
95 -         % Save the frequency information into the struct
96 -         AsortedStructOf_Songs(id).ps = ps;
97 -         AsortedStructOf_Songs(id).freq = freq;
98
99 -         % delta: 0-4 (actually >0 and <= 4 as eeg contains very low freq
100 -         % energy in somewhere between 0 and 2Hz)
101 -         % theta: 4-8
102 -         % alpha: 8-12
103 -         % beta : 12-16
104 -         % gamma: 16-20
105
106 -         mean_power_0_4 = mean(ps(find(freq >= 1 & freq <= 4)));
107 -         mean_power_4_8 = mean(ps(find(freq >= 4 & freq <= 8)));
108 -         mean_power_8_12 = mean(ps(find(freq >= 8 & freq <= 12)));
109 -         mean_power_12_16 = mean(ps(find(freq >= 12 & freq <= 16)));
110 -         mean_power_16_20 = mean(ps(find(freq >= 16 & freq <= 20)));

```

```

112 -         AsortedStructOf_Songs(id).band_powers = ...
113 -             [AsortedStructOf_Songs(id).band_powers ...
114 -               [mean_power_0_4 mean_power_4_8 mean_power_8_12 ...
115 -                 mean_power_12_16 mean_power_16_20]];
116 -
117 -         subplot(2, 5, plot_id);
118 -         plot_id = plot_id + 1;
119 -         plot(freq, ps);
120 -         title([AsortedStructOf_Songs(id).cat '(' ...
121 -               AsortedStructOf_Songs(id).name ')']);
122 -
123 -     end
124 -     ha = axes('Position',[0 0 1 1],'Xlim',[0 1],'Ylim',[0 1],'Box',...
125 -               'off','Visible','off','Units','normalized','clipping','off');
126 -     over_title = ['Channel ', channel_names{j}];
127 -     text(0.5, 1, over_title, 'HorizontalAlignment','center',...
128 -          'VerticalAlignment','top');
129 -     set(h,'PaperOrientation','landscape');
130 -     set(h,'PaperUnits','normalized');
131 -     set(h,'PaperPosition',[0 0 1 1]);
132 -     %saveas(h, [channel_names{j} '.pdf'], 'pdf');
133 - end
134 -
135 - for i = 1:length(songs)
136 -     features(i, 1:70) = AsortedStructOf_Songs(i).band_powers;
137 -     features(i, end) = AsortedStructOf_Songs(i).cat_label;
138 - end

```



```

140 - filename='test.csv';
141 - fileID = fopen(filename,'a+');
142 -
143 - header_row_for_classification=ones(1,71);
144 - temporary_indice=1;
145 -
146 - for i=1:numberOfbands
147 -     for j=1:length(channel_names)
148 -         temporary=strcat(channel_names(j),'-',int2str(i));
149 -         header_row_for_classification(temporary_indice)=str2double(temporary);
150 -         temporary_indice = temporary_indice + 1;
151 -     end
152 - end
153 -
154 - header_row_for_classification(71)=str2double('emotion');
155 - csvwrite(filename,header_row_for_classification);
156 - csvwrite(filename,[features1;features2]);
157 - fclose(fileID);
158 - beforeorangeform=[features1;features2];

```