

# Analyse de signaux EEG - Traitement du signal

**BEASSE** Joseph, **CHIMBAULT** Thomas

*ENSC - École Nationale Supérieure de Cognitique*

E-mails:

- [jbeasse@ensc.fr](mailto:jbeasse@ensc.fr)
- [tchimbault@ensc.fr](mailto:tchimbault@ensc.fr)

09 décembre 2022

## I. Introduction

Le cerveau est une boîte noire qu'il est très intéressant d'explorer. Pour ce faire, de multiples méthodes d'exploration cérébrale ont été mises en place. Parmi elles, l'électroencéphalogramme (*EEG*) est une des techniques les plus efficaces. Dans le cadre de cette seconde séance de Travaux Pratiques encadré par M. Pierrick Legrand, il est question d'analyser des signaux issus d'expérimentations sur des sujets à l'aide d'un EEG.

## II. Première approche du travail à fournir

### A. Contexte d'expérimentation et objectif détaillé

L'expérimentation consiste à comparer les niveaux d'ondes alpha (*alpha waves*) lorsqu'une personne ouvre ou ferme ses yeux. L'expérience a été réalisée sur 20 individus au total. Les ondes alpha sont les témoins d'un rythme cérébral particulier dont la fréquence est comprise entre 8 et 12 Hz. Celles-ci sont notamment connues en méditation ou sont censées apparaître lorsque les individus se détendent et ferment les yeux. Compte tenu des précédentes informations, on peut faire l'hypothèse

suivante : la quantité d'ondes alpha est plus importante lorsque le sujet ferme les yeux qu'avec les yeux ouverts.

En reprenant les résultats obtenus pour chaque sujet contenus dans un fichier *.mat*, l'objectif est alors d'effectuer une étude intra-individuelle sur l'apparition de ce type d'onde avant de s'intéresser à une analyse inter-individuelle. Pour ce faire, on commencera par étudier le premier individu et la première électrode puis généraliser le code existant à l'ensemble de l'expérimentation.

## B. Démarche mise en place

Pour pouvoir tirer des conclusions sur les ondes alpha entre les yeux fermés et ouverts, la démarche reste inchangée pour tous les individus et toutes les électrodes. L'objectif est de passer les résultats du domaine temporel au domaine fréquentiel par application de la Transformée de Fourier. Puis, après avoir normalisé les signaux obtenus, établir une fenêtre de fréquences allant de 8 à 12 Hz. Pour finir, il faudra récupérer l'information sur l'activité électrique de l'électrode comprise dans cette fenêtre de fréquence et comparer les résultats pour valider ou invalider l'hypothèse initiale.

## III. Considérations algorithmiques

Détaillons ici la démarche mise en place dans MATLAB afin de trouver le numéro en question. Celle-ci peut se résumer en quelques étapes :

- Chargement des données
  - Réalisation d'un test sur le sujet 1
  - Calcul de la moyenne d'énergie des alphas (yeux fermés et ouverts) pour chaque électrode d'un individu
  - Calcul de la moyenne d'énergie des alphas par individu
  - Étude **intra**-individus
  - Étude **inter**-individus
  - Limites
-

Les résultats obtenus par l'expérience forment une matrice de 16 électrodes pour 20 individus. La récupération de ces derniers est effectuée par une évaluation sur MATLAB.

```
% Chargement des données
for i=1:9
    eval(['Sujet',num2str(i) ' = load("Data/subject_',num2str(i),'.mat");'])
end
for j=10 : 20
    eval(['Sujet', num2str(j) ' = load("Data/subject_', num2str(j),'.mat");'])
end
```

Figure 1. Extraction des données

Afin de se familiariser avec ce jeu de signaux, on a réalisé une étude sur une électrode du lobe occipital sur un individu. Cette vue a pour objectif de comprendre et cibler les données que nous cherchons à identifier (les alphas 8-12hz).

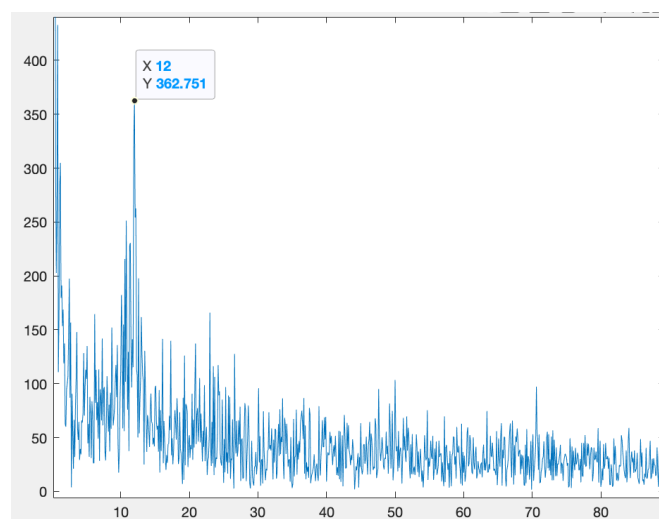


Figure 2. FFT du signal de l'électrode Oz du sujet 1, yeux fermés (zoomé)

On remarque un pic d'énergie entre 8 et 12 Hz, ce résultat nous conforte dans la démarche suivie. Décrivons cette démarche. La première fonction établie calcule la moyenne d'énergie du signal fenêtré entre 8 et 12 Hz pour un individu donné et une électrode donnée.

On récupère dans un premier temps les indices indiquant que les yeux ont été ouverts et fermés. Le signal étant échantillonné à 512 valeurs par seconde, on peut définir 10 blocs. 5 blocs de 10 secondes allant de l'indice récupéré à 5120 valeurs supplémentaires pour les yeux ouverts comme les yeux fermés.

Ensuite on applique la transformée de Fourier à chacun de ces blocs de signaux et on récupère la moyenne d'énergie entre 8 et 12 Hz.

```
for k = 1:length(valo)

    E1= s(valo(k):valo(k)+5120,num);
    E2= s(valf(k):valf(k)+5120,num);

    sig1 = fft(normalize(E1));
    sig2 = fft(normalize(E2));

    sigg1 = abs(sig1); % Pour les yeux fermés
    sigg2 = abs(sig2); % Pour les yeux ouverts

    sampleSig1 = sigg1(idx);
    sampleSig2 = sigg2(idx);

    meanElectrodes(k,1) = mean(sampleSig1);
    meanElectrodes(k,2) = mean(sampleSig2);

end
```

Figure 3. Boucle de la fonction *GetMeanElect()* récupérant la moyenne des alphas pour les yeux ouverts et les yeux fermés d'une électrode.

On généralise ensuite cette fonction pour l'ensemble des électrodes d'un individu. Cette étape permettra par la suite de valider l'hypothèse que l'apparition d'ondes Alphas intervient dans le lobe occipital et pariétal.

```
% Calcule la moyenne des alphas des yeux fermés et ouverts des electrodes
function allMeans = GetMeanALLElect(structure)

    allMeans = zeros(17,2);
    % 1ère ligne de zeros car temps
    for i = 1:16
        vals = GetMeanElect(structure,i+1);
        allMeans(i+1,1) = mean(vals(1:end,1));
        allMeans(i+1,2) = mean(vals(1:end,2));
    end

end
```

Figure 4. Fonction *GetMeanALLElect()* codée sur MATLAB

Pour réaliser une étude **inter**-individus, les résultats précédents ont été récupérés pour l'ensemble des 20 participants à l'aide d'une boucle. Le résultat généré est une matrice de taille 16 x 40 (16 électrodes, 20 participants ouverts/fermés).

```
dataSet = zeros(17,40);
for p = 1:20

    sujet = eval(['Sujet',num2str(p)]);
    valeurs = GetMeanALLElect(sujet);
    dataSet(1:17,2*p-1) = valeurs(1:17,1);
    dataSet(1:17,2*p) = valeurs(1:17,2);
end

writematrix(dataSet)
```

Figure 5. Boucle parcourant l'ensemble des sujets et écriture du dataSet au format CSV.

## IV. Analyse des résultats

L'ensemble des données exportées par MATLAB a pour objectif d'être étudié sous deux axes. Un premier intra-individus ayant pour objectif de récupérer les électrodes ayant réellement captées des ondes alphas lors des expériences. Un deuxième axe porte sur l'analyse intra-individus. Les résultats issus de cette dernière étude peuvent valider ou invalider notre hypothèse et nous donner du recul quant-à la véracité des signaux étudiés (sujets distraits, perturbés etc).

Le logiciel choisi pour réaliser cette analyse est R studio.

Une fois le dataSet récupéré et l'ensemble de ses colonnes et lignes bien nommées, On commence l'étude intra-individuelle.

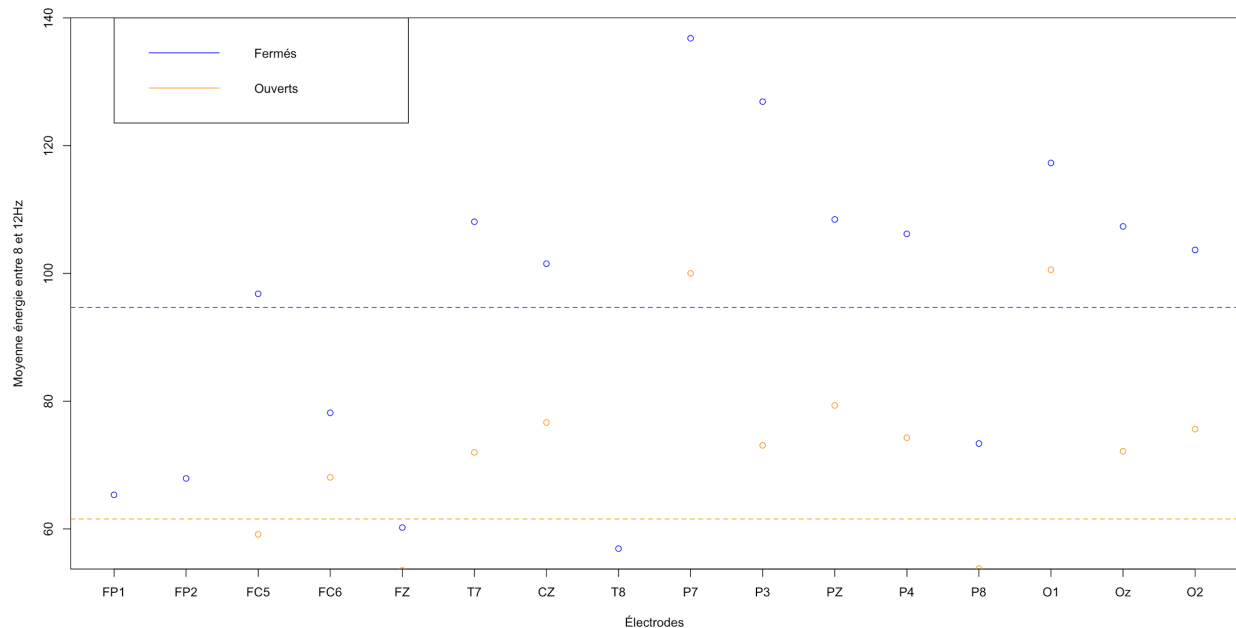


Figure 6. Graphique représentant l'Énergie moyenne des alphas de l'individu 4 en fonction des 16 électrodes.

Ce graphique montre que la moyenne d'énergie des alphas pour les yeux fermés est strictement toujours supérieure aux yeux ouverts.

On décide alors de récupérer la moyenne pour les yeux fermés (représentée par une ligne de pointillés bleus sur le graphique) afin d'obtenir une information inter-individus sur les électrodes utiles à notre étude.

Pour cela, on réalise ce graphique pour chaque individu et on récupère les électrodes disposant d'une énergie supérieure à celle de la moyenne pour chaque individu. On réalise alors un graphique "barplot".

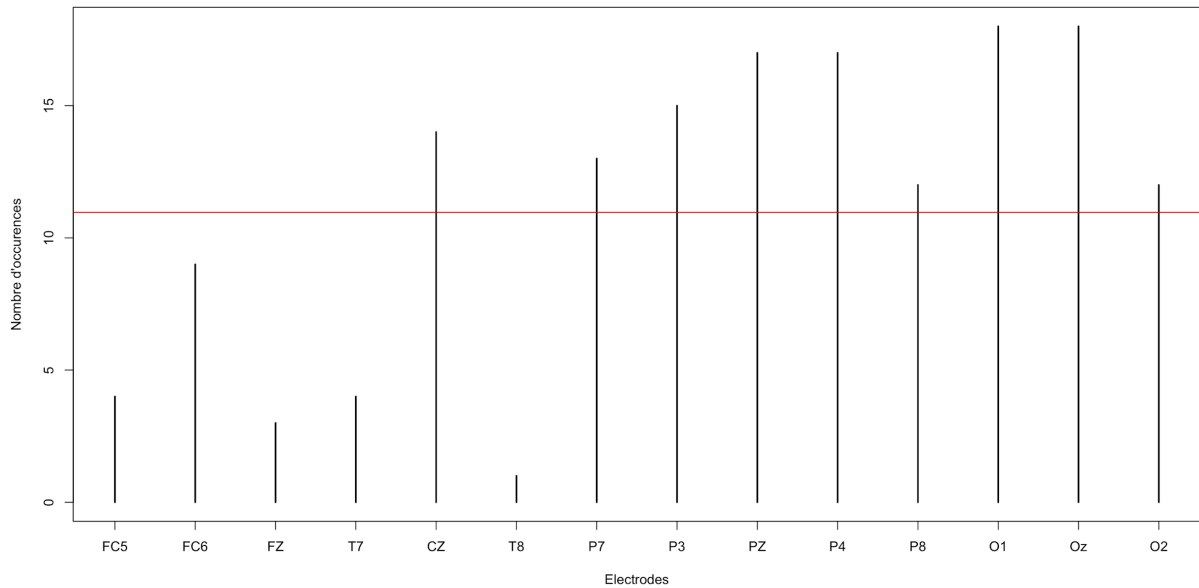


Figure 6. Barplot représentant le nombre d'occurrences en fonction des électrodes

Les électrodes importantes pour notre étude sont donc celles dont l'occurrence est supérieure à la moyenne des occurrences. On a alors représenté le cerveau humain vu du dessus avec l'ensemble des électrodes étudiées et celles retenues par notre étude.

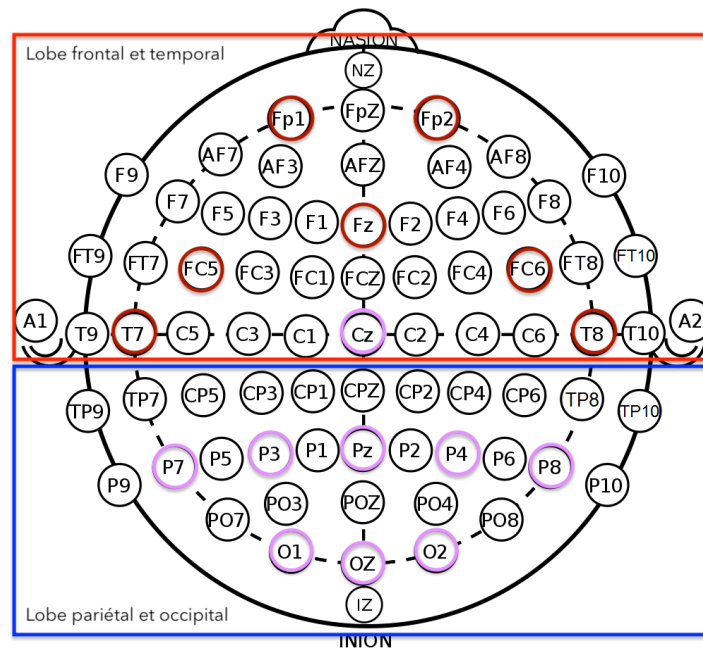


Figure 7. Représentation des électrodes disposées sur le cerveau humain.

Ces résultats sont réconfortants, en effet, les électrodes gardées pour l'étude sont représentées en rose sur la figure et celles non significatives en rouge. On remarque que les roses se disposent dans la partie comprenant le lobe pariétal et occipital.

On a alors montré que l'on peut détecter des ondes alphas (fréquences: 8-12 Hz) lorsqu'un individu ferme les yeux et que les électrodes utiles pour montrer ce résultat se trouvent dans le lobe pariétal et occipital.

On a souhaité étudier plus globalement les individus pour mettre en évidence des sujets ayant des résultats non-normaux ou perturbés que l'on appelle des "outliers".

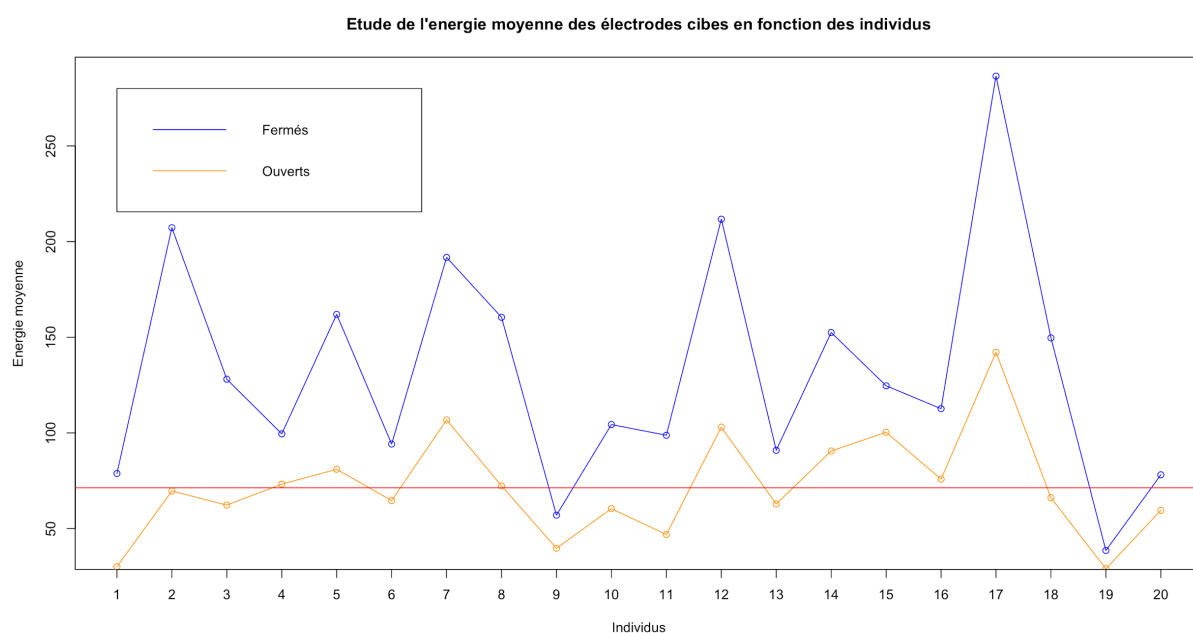


Figure 8. Graphique de la moyenne de l'énergie en fonction des individus

Les résultats aberrants récupérés et pouvant être écartés de l'étude pour obtenir des résultats plus fins sont les individus 9 et 19. Les valeurs de leur moyenne (fermés) est inférieur à la moyenne à laquelle on soustrait la dispersion (écart-type).

Ces écarts peuvent être expliqués par de multiples facteurs comme l'épaisseur des cheveux, la circonférence du crâne, l'état de fatigue lors de l'expérience.



## V. Conclusion

En définitive, cette seconde application du cours de “Traitement du signal” fut très intéressante en abordant des problématiques liées aux neurosciences. Compte tenu des résultats obtenus, l’hypothèse initiale a pu être validée. Pour mener à bien cette étude, il a été particulièrement intéressant d’aborder les problématiques statistiques de l’analyse inter-individuelle. En effet, il est toujours plus simple d’étudier les résultats provenant d’un même individu que de comparer plusieurs individus compte tenu de leurs variances propres.

---