

Formation à la pratique de l'EEG BIOSEMI

Proposée par le CREx
(Centre de Ressources Expérimentales du BLRI)

Deirdre BOLGER, Virginie EPTING.

Sommaire

1. Introduction à l'EEG.....	3
1.1. Que mesure exactement l'EEG?	3
1.2. Analyse du signal EEG.....	3
2. Le système Biosemi	4
2.1. Caractéristiques.....	4
2.2. Les composants du système Biosemi	5
2.3. Le matériel.....	5
3. L'expérimentation	6
3.1. Accueil du sujet	6
3.2. Préparation du Sujet.....	6
3.2.1. Les électrodes EXG	6
3.2.1. Le casque	6
4. Vérification du signal EEG.....	7
4.1. « CM in range »	7
4.2. Offset des Electrodes (impédance)	7
4.3. Fluctuation des électrodes	8
5. Déroulement de l'Expérience.....	8
5.1. Instructions pour des participants.....	8
5.2. L'enregistrement des données.....	9
5.3. Après l'expérience	9
6. Recherche d'électrodes défectueuses.	9
6.1. Le « Bucket Test ».....	9
6.2. Qu'est ce qu'un fil « abimé » ?	10
6.3. Qu'est ce que des électrodes bruitées?	10
7. Liens utiles	10

1. Introduction à l'EEG

L'EEG (électroencéphalographie) est une technique non invasive dans laquelle l'activité électrique du cerveau est enregistrée au niveau du cuir chevelu. L'encéphalogramme résultant présente les changements dans l'activité électrique en fonction du temps. L'activité électrique est enregistrée au moyen d'électrodes qui sont positionnées sur la surface du cuir chevelu. Le nombre d'électrodes utilisées peut varier de 32 à 256.

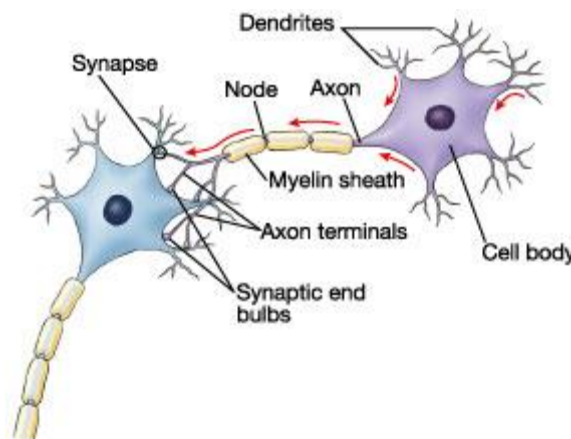
Dans une expérience d'EEG, le sujet effectue une tâche spécifique pendant l'enregistrement, de sorte que les fluctuations de l'activité électrique (mesurée en microvolts, mV) au fil du temps peuvent être mesurées en fonction des conditions expérimentales définies.

1.1. Que mesure exactement l'EEG?

Il existe deux principaux types d'activité électrique au niveau des neurones :

- Les potentiels d'action
- Les potentiels post-synaptiques

Les potentiels d'action sont de faibles potentiels électriques (influx nerveux) qui se déplacent le long de l'axone d'un neurone jusqu'aux terminaisons nerveuses où les neurotransmetteurs sont libérés. Les électrodes de surface ne peuvent généralement pas détecter les potentiels d'action en raison de leur sensibilité et de l'agencement physique des axones. Les potentiels d'action pourraient être enregistrés si les neurones individuels s'activent exactement en même temps provoquant des potentiels d'action additionnés. Cependant, comme les neurones s'activent rarement exactement en même temps et aussi parce que les axones ont une orientation relativement aléatoire, les potentiels d'action s'annulent généralement les uns les autres. Ils ont une durée très courte, environ 1 milliseconde (ms).



Les potentiels post-synaptiques (PPS) surviennent lorsque les neurotransmetteurs se fixent aux récepteurs sur la membrane de la cellule post-synaptique, provoquant l'ouverture ou la fermeture des canaux ioniques, conduisant à un changement gradué de potentiel à travers la membrane cellulaire. Les PPS sont de plus longue durée que les potentiels d'action, leur durée allant jusqu'à des dizaines ou même des centaines de millisecondes. Ils sont généralement confinés dans les dendrites d'un neurone et se produisent instantanément. Comme les dendrites sont orientées parallèlement le long de la feuille corticale, les PPS peuvent s'additionner et on pense qu'ils contribuent largement au signal mesuré par EEG.

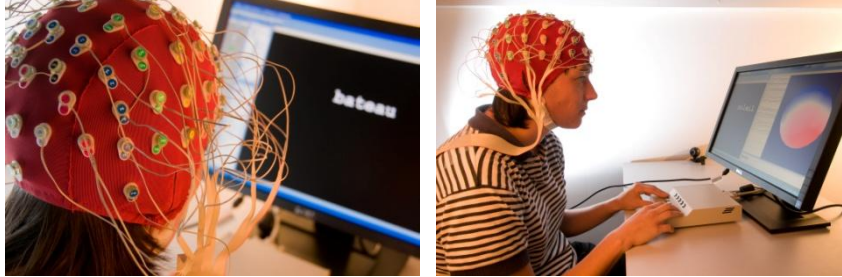
1.2. Analyse du signal EEG

L'activité électrique est enregistrée par le système EEG comme un signal dépendant du temps. Il est possible d'étudier les variations du signal en fonction du temps, ou d'effectuer une décomposition spectrale du signal et de regarder ses composantes de fréquence et de leur évolution dans le temps. Comme l'activité électrique est capturée par un certain nombre d'électrodes disposées sur la surface du cuir chevelu, il est possible d'examiner la répartition spatiale de l'activité et les modifications de la

topographie dans le temps. Avec l'application des techniques utilisées en magnétoencéphalographie (MEG), il est possible d'analyser les générateurs neuraux sous-jacents de l'activité au niveau du cuir chevelu électrique, technique connue en tant que « reconstruction de source ».

2. Le système Biosemi

Le système d'acquisition Biosemi utilise des électrodes dites actives qui amplifient le signal au niveau de la tête.



2.1. Caractéristiques

Casques à 64 électrodes + 8 exogènes (EOG (vEOG, hEOG), Réf)

Pose des électrodes avec application de gel

Logiciel de stimulation : Eprime

2048Hz

Convient à des études de recherche

Impédances <20 kΩ

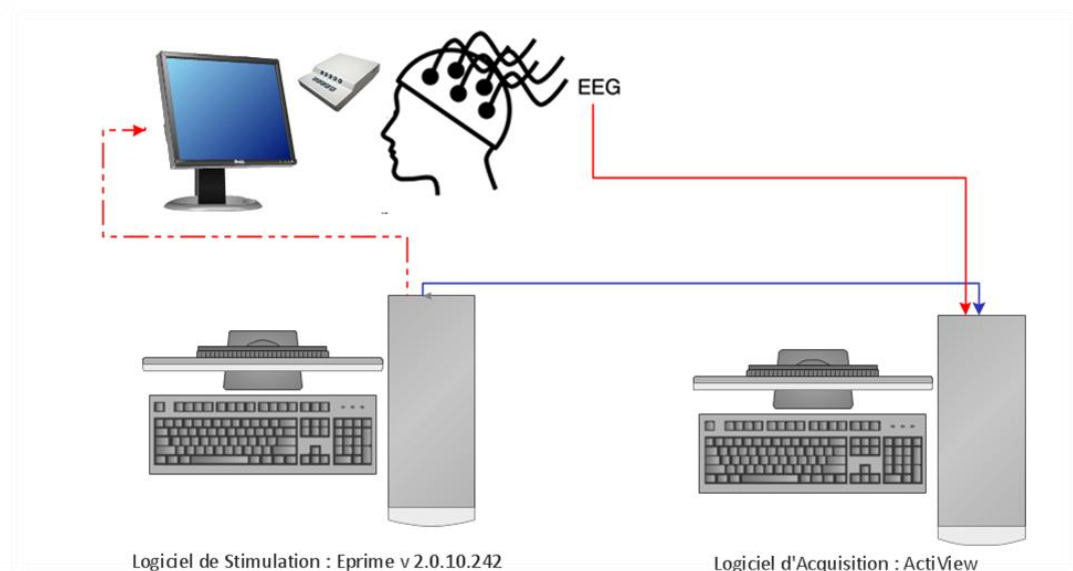
Il est composé d'un PC et logiciel de stimulation, et d'un second PC et logiciel d'acquisition.

Système de Simulation :

- Contrôle le déroulement de la tâche expérimentale par un logiciel dédié ex. **Eprime**, Presentation.
- Collecte des réponses comportementales par clavier, boîtier de réponse ex. temps de réactions, les réponses par bouton.
- Envoie des codes triggers à l'ordinateur d'acquisition pour marquer, dans le temps, la présentation des stimuli expérimentaux.

Système d'Acquisition :

- Amplification des signaux captés par les électrodes – Boîtier AD
- Envoie des signaux EEG de chaque électrode à l'ordinateur d'acquisition par fibre optique.
- Enregistrement des signaux au cours du temps par le logiciel dédié – **ActiView** (format *.bdf)
- Visualisation de l'électroencéphalogramme en temps réel et les codes triggers.



2.2. Les composants du système Biosemi

A/D box : L'A/D box reçoit le signal directement des électrodes et fait une conversion analogue numérique sur le signal. Elle se situe dans la salle d'enregistrement à côté du sujet.

Electrodes :

- **Electrodes pin-type :**

Ces électrodes sont branchées sur le casque du sujet. Elles sont reliées en câble ruban qui se termine par un connecteur à brancher sur l'AD box (fig1). Ces électrodes sont actives, elles amplifient le signal au niveau de la tête, ce qui signifie que l'on peut avoir de bons signaux avec une impédance plus haute que les électrodes passives (<30 Ohms au lieu de <5 Ohms pour les électrodes passives).

- **L'électrode DRL est une électrode passive**, elle nécessite un bon contact avec la peau. Etant une électrode de référence (terre), si le contact est mauvais, l'ensemble des électrodes sera affecté (signal bruité).



fig 1 : nappe d'électrodes.

- **Electrodes flat-type :**

Ces électrodes, de forme différente, sont utilisées pour enregistrer des surfaces plates directement sur le corps ou le visage :

- EOG (électro-oculogramme) électrodes exogènes (EXG) sur le visage,
- EMG (électromyogramme) électrodes sur le corps,
- électrodes de référence.

Notez : Les électrodes actives ont une espérance de vie assez limitée (<100 essais). La pastille de l'électrode neuve a une couleur marron. Après une période d'utilisation de 1 à 1.5 ans, le chlorure est absorbé par le gel et la surface prend une couleur argentée. Il faut alors remplacer le jeu d'électrodes. Les électrodes usagées donnent des enregistrements plus bruyants.

Receiver Box : Ce composant du système reçoit des données de l'A/D box via un câble de fibre optique. La Receiver Box transmet les données à l'ordinateur d'acquisition (PC1) via un câble USB. Elle reçoit des codes de stimulus de l'ordinateur de stimulation via un câble parallèle, et elle les transmet à l'ordinateur d'acquisition avec le flux de données EEG, pour être enregistré.

Les Batteries : Le système marche sur batterie. La batterie se branche sous l'A/D Box. Une lumière sur l'A/D Box indique quand le niveau d'une batterie est bas, il faut la changer et la recharger. Il faut débrancher la batterie une fois qu'elle est rechargée. Une batterie ne doit pas être trop chargée.

2.3. Le matériel

- Gel (*SignaGel*),
- Seringues (embout fin et incurvé),
- Alcool, gel (*Nuprep*) ou solution nettoyante, pour nettoyer la peau avant de mettre des électrodes sur le visage,
- Mètre pour mesurer la tête,

- Casque (sec),
- Scotch,
- Sangle pour le menton, pour garder le cap en place,
- Papier essuie-tout,
- Autocollants (pour placer des électrodes EXG),
- Electrodes (1 jeu de 2 nappes),
- Shampoing, serviette jetable, brosse.



3. L'expérimentation

3.1. Accueil du sujet

Le participant doit signer un consentement en deux exemplaires avant l'expérience.

Les critères de l'étude sont vérifiés une dernière fois. L'instrument et le déroulement de l'expérience sont présentés au participant.

3.2. Préparation du Sujet

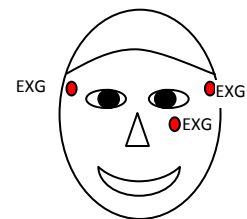
3.2.1. Les électrodes EXG

Le placement des électrodes de référence et des électrodes EOG peut varier selon l'expérimentateur.

Ce que l'on décrit ici est une mise en place classique :

- 1 EOG (electro-oculogramme) vertical (EXG2)
- 2 EOG horizontaux (EXG1 et EXG3).

On peut ajouter deux électrodes de référence sur les mastoïdes.



On peut exfolier légèrement les endroits où l'on veut placer les électrodes EMG et EOG, pour enlever les cellules mortes et la graisse de la peau afin d'avoir un signal plus net. On nettoie les régions du visage avec des lingettes imbibées d'alcool.

On place du gel sous les électrodes et on les fixe avec du scotch.

3.2.1. Le casque

-Comment choisir la bonne taille de casque ? A partir de la mesure de la tête du sujet, entre le dessus des sourcils et l'inion, choisir la taille qui convient. Utilisez le casque le plus grand seulement si la tête du sujet est au moins 1 cm plus grand que la taille du casque. Il est très important que les électrodes soient au contact de la tête, et qu'elles ne bougent pas.

-Fixer le casque à l'aide d'une **sangle de menton** pour le stabiliser (différentes tailles sont disponibles).

- Mesurer la tête du sujet, entre le **nasion** et l'**inion** (voir figure 2a). Calculer le point médian entre la nasion et l'inion pour repérer le vertex de la tête (voir figure 2b). Mesurer aussi le point médian **entre RPA et LPA** (*right and left periauricular*). Il faut repérer le vertex pour bien placer le cap, en utilisant la place de l'électrode, Cz, comme référence.

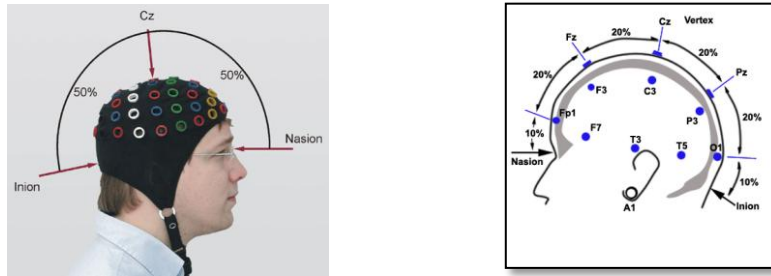


Figure 2 : a: Localisation du vertex de la tête en utilisant l'inion et le nasion
b : Placement des électrodes par rapport au vertex (**10-20 System** : Standard International pour le placement des électrodes en EEG)

- Préparer deux seringues de gel *SignaGel*. Appliquer le gel dans tous les trous du casque en poussant les cheveux à l'aide de la seringue. Appliquer le gel en partant du crâne vers l'extérieur du casque. Un juste dosage du gel est impératif. Il doit y en avoir assez pour conduire signal mais pas trop pour éviter la formation des ponts de gel entre les électrodes. Le sujet doit sentir le contact frais du gel sur sa peau.
- Gratter un peu la peau du sujet à l'emplacement de l'électrode DRL, électrode passive, qui demande un bon contact avec la peau.
- Vérifier que les électrodes soient propres et sèches avant utilisation. Clipper chaque électrode au casque en respectant leur emplacement.
- Brancher les nappes d'électrodes à l'AD box. Chaque nappe porte la lettre A ou B à relier à son emplacement spécifique sur l'AD box.
- Brancher les électrodes exogènes ; chaque exogène à une entrée correspondante.

4. Vérification du signal EEG

4.1. « CM in range »

Vérifier que la **lumière bleue du « CM in range » sur l'A/D box** ne clignote pas. Cela voudrait dire qu'il n'y a pas de contact des électrodes sur la tête du sujet. Dans ce cas, vérifier les branchements.

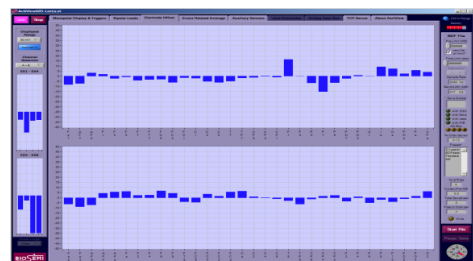
4.2. Offset des Electrodes (impédance)

Le « offset » des électrodes est la moyenne du voltage de chaque électrode.

Les électrodes CMS et DRL déterminent le « common mode voltage » du système. Le « common mode voltage » est le potentiel moyen d'un sujet déterminé par le système BioSemi. Il correspond à peu près à la « baseline » du système. Chaque électrode est placée en fonction de l'électrode CMS « common mode sens ». Le « offset » d'une électrode montre sa déviance moyenne du « common mode ». Le système BioSemi peut enregistrer sur un éventail très large de « offsets » ($\pm 256\text{mV}$ du « common mode »).

Vérifier le voltage des électrodes (électrode offset) : idéalement $\pm 20\text{mV}$ (vue sur Actiview, droite). Pour corriger celles qui sont très élevées il faut vérifier plusieurs choses :

- Vérifier si l'électrode a suffisamment de gel.
- Vérifier si l'électrode est bien branchée.
- Vérifier si l'électrode a un bon contact avec la tête du participant.
- Vérifier que l'étiquette du cap ne se trouve pas sous l'électrode.



4.3. Fluctuation des électrodes

Si l'on voit qu'il y a des électrodes qui fluctuent, cela veut dire qu'il y a des changements d'amplitudes importants du signal et il faut alors vérifier les points suivants :

Que le cap soit assez serré.

Que le gel touche le cuir chevelu du participant.

Qu'il y ait assez de gel.

Si l'EEG présente un signal chaotique :

Vérifier si la référence au niveau de ce canal ne touche pas d'autres électrodes. Pour vérifier rapidement l'effet du changement de référence, on peut changer la référence dans une fenêtre à gauche de la fenêtre principale de « Actiview » (Figure 3). Si le problème disparaît, on peut présumer qu'il s'agissait d'un problème de référence et l'ajuster.

Vérifier certaines électrodes turbulentes et les corriger jusqu'à ce que signal brut soit uniforme. S'il y a beaucoup de bruit de haute fréquence, vérifiez que le gel soit en contact avec le cuir chevelu du participant.

S'il y a du bruit de haute fréquence concentré sur des régions frontaux, c'est très probablement dû aux contractions musculaires. Vérifier que les muscles du visage du participant soient relâchés.

Si une électrode présente un signal plat (voir figure 4) cela signifie qu'elle n'enregistre pas, il faut alors vérifier que l'électrode est bien connectée.

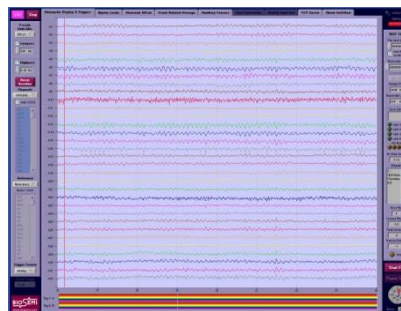


Figure 3 : La fenêtre principale de « Actiview » où l'on peut changer la référence.

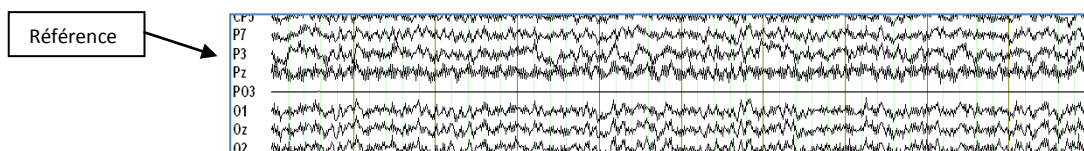


Figure 4 : Signal EEG brut montrant une l'électrode qui n'enregistre pas...laquelle ?

5. Déroulement de l'Expérience

5.1. Instructions pour des participants

Le participant doit essayer d'être détendu.

Il faut minimiser les mouvements en général, y compris les mouvements des yeux, surtout les muscles du visage et du cou.

Pas de téléphone portable dans la salle d'enregistrement (interférence).

La lumière du box aussi importante (luminosité, reflet). Dans le noir le sujet peut s'assoupir (génération d'onde alpha). Des lumières LED sont préconisées.

Pendant le déroulement de l'expérience, entre l'enregistrement des « blocs » de données, il faut vérifier si le participant va bien et leur rappeler, si nécessaire, de ne pas bouger.

Expliquer les consignes et réaliser l'entraînement.

5.2. L'enregistrement des données

Pour afficher le signal EEG brut, cliquer sur le bouton « START » dans la fenêtre de « Actiview ».
Sélectionner le bouton « SAVE FILE » pour démarrer l'enregistrement de l'EEG.
Démarrer l'expérience comportementale sur PC2 (stimulation).

Pour mettre l'enregistrement en pause, il suffit de sélectionner le bouton « PAUSE ».
Désélectionner le bouton « PAUSE », une lumière jaune clignote lors de l'enregistrement.

Vérifier la présence des triggers sur le PC d'acquisition.

5.3. Après l'expérience

Eteindre l'A/D box et débrancher les connecteurs.
Vérifier si la batterie a besoin d'être rechargée.
Enlever les électrodes du casque, en tenant le corps de l'électrode. Il ne faut pas tirer sur le câble des électrodes.
Indemniser le participant, faire signer un reçu d'indemnisation et faire le débriefing (remarque du participant, but de l'étude).

Nettoyage du matériel

Laver les électrodes avec de l'**eau courante chaude** pour enlever le gel. Ne pas utiliser d'eau trop chaude. Ne pas laisser les électrodes dans l'eau plus de 10 min.

Ne jamais mettre en contact les électrodes avec du métal, les placer dans un bac en plastique et non dans l'évier. Manipuler doucement les électrodes et les fils. Démêler et lisser les fils.

Laver le casque à l'aide du vaporisateur ou d'une brosse à dent.

Le casque et la sangle de menton doivent être nettoyées avec du savon et peuvent être désinfectés dans de l'alcool 70% ou un désinfectant intermédiaire.

Sécher et placer les électrodes sur un support mural. Il faut toujours éviter de mouiller les connecteurs.

Le casque est placé à sécher sur la pailasse avec du papier absorbant à l'intérieur.

6. Recherche d'électrodes défectueuses.

6.1. Le « Bucket Test »

Si la lumière bleue sur l'**AD box** se met à clignoter ou si les électrodes deviennent bruitées, il est possible de déterminer si une ou plusieurs électrodes ont un défaut en appliquant le « **Bucket Test** » comme décrit ci-dessous :

Remplir un verre ou un seau en plastique (pas de métal) avec de l'eau et ajouter une petite cuillère de sel (NaCl).

Brancher un jeu d'électrodes à l'**AD box**, il faut que le CMS/DRL soit connecté. Si la nappe incriminée ne possède pas de CMS/DRL, il faut soit :

- immerger les deux nappes.
- immerger le CMS/DRL livré avec le connecteur ERGO du système.

Commencer en submergeant le CMS/DRL dans l'eau salée en premier. **Si la lumière bleue clignote, le CMS/DRL est défectueux.**

Maintenant, submerger l'électrode/les électrodes dans l'eau une par une. S'il y a des fils abimés, c'est possible de les repérer en bougeant un peu les fils.

Si la lumière bleue se met à clignoter, l'électrode est défectueuse.

Vous voyez que la lumière bleue s'éteint...

Si la lumière bleue s'éteint (il clignote à 1Hz) quand une électrode est connectée à un sujet où en la testant avec le « **Bucket test** », c'est le signe d'un des problèmes suivants :

Le fil d'au moins une électrode est un peu abîmé à l'intérieur. Quand le circuit CMS/DRL détecte un fil abîmé, la lumière bleue se met à clignoter. Le système CMS/DRL bloque le signal de toutes les autres électrodes, rendant impossible tout enregistrement de signaux.

Il y a du gel à l'intérieur du connecteur SCSI de la boîte AD.

Le CMS/DRL n'est pas connecté à l'AD box.

6.2. Qu'est ce qu'un fil « abîmé » ?

Les fils des électrodes se déforment et s'abîment surtout au niveau de la sortie de l'électrode, pendant leur utilisation. Lorsque l'on ôte les électrodes du casque, il faut tirer sur le corps en plastique de l'électrode et non pas sur le fil.

6.3. Qu'est ce que des électrodes bruitées?

Si une ou plusieurs électrodes deviennent bruitées pendant une expérience, c'est peut être dû à différentes choses :

La pointe d'une électrode est contaminée par des particules métalliques.

Vérifier les électrodes avec le « **Bucket Test** ». Après environ 15min dans l'eau, les composants AgCl des électrodes devraient être stables. Si l'extrémité d'une électrode est contaminée, son signal est caractérisé par du bruit de haute fréquence. Il est possible d'enlever les particules contaminantes en la nettoyant avec du papier en verre.

Du bruit EMG ou de haute fréquence.

Si, en effectuant le « **Bucket Test** » vous ne voyez rien, c'est probable que le bruit soit causé par l'EMG. Normalement, l'EMG n'est visible que sur certaines électrodes.

Hum (50 ou 60Hz).

Le Hum est un bruit de basse fréquence à une amplitude constante. Quand le CMS/DRL n'a pas un bon contact, toutes les électrodes auront du « hum ». Quand une électrode n'a pas un bon contact, le « hum » sera que sur cette électrode.

Le Hum, à ce niveau, est visible *online* et dépend des électrodes choisies comme référence pour la visualisation. Les données sont enregistrées brutes donc pas de risque sauf si l'analyse se fait par rapport aux mastoïdes (par exemple mal appliquées) et que le contrôle visuel *online* se fait en « global average ».

Il faut effectuer le « **Bucket Test** » sur le jeu d'électrode. Mettez toutes les électrodes dans l'eau. Placez les électrodes et le CMS sur un côté du seau et le DRL, seul, de l'autre côté.

Il est aussi possible d'améliorer le « hum » en mettant plus de gel afin d'améliorer le contact des électrodes, en regroupant les fils des électrodes pour empêcher les interférences et en plaçant le sujet plus proche de l'AD box.

7. Liens utiles

A voir aussi sur notre site :

- Pre-processing for ERP Analysis
<https://blricrex.hypotheses.org/eeg>
- Documents utiles à la passation
<https://blricrex.hypotheses.org/passation/documents-utiles>