

Plan de projet

Soumis par :
Claudia Onorato (1845448)
William Harvey (1851388)
Marc Anhoury (1846809)
Samuel Arseneault (1850861)
Anis Redjidal (1835842)
Omar Nemer

Soumis à :
Thomas Hurtut
Section 01

28 février 2020



**POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE

1. Mise en contexte

La polysomnographie est l'une des applications cliniques les plus utilisées de l'électroencéphalographie. L'analyse du sommeil suscite un intérêt particulier chez le grand public si bien que certaines applications d'analyse de sommeil ont été parmi les plus téléchargées des magasins d'applications mobiles connus. Cependant, l'efficacité et la véracité de ces classifications n'a pas été prouvée et a [même été démenti](#) dans plusieurs cas. Nous souhaiterions donc produire, à long terme, une application mobile se basant sur des données EEG, afin d'obtenir des résultats plus significatifs que les applications les plus populaires et rendre la technologie accessible au grand public. Cependant, comme cet exercice pose énormément de problèmes techniques, nous souhaitons commencer par la création d'une preuve de concept, afin de mieux nous orienter. La visualisation de données à partir d'une page web constitue alors un excellent point de départ pour nous, afin de montrer les résultats de l'algorithme de classification automatique de stade de sommeil à partir des données EEG.

2. Notre objectif

L'objectif du projet est d'afficher les résultats d'un classifieur automatique de données électroencéphalographiques d'une nuit de sommeil. Cet outil permettra alors de décrire la nuit de sommeil enregistrée à l'aide des divers stades de sommeil (N1, N2, N3, REM) tels qu'ils sont définis en polysomnographie clinique. L'objectif est donc d'offrir à l'utilisateur une visualisation de sa nuit de sommeil, afin d'obtenir d'en obtenir des métriques, de se comparer à des sommeils types, ainsi que de l'éduquer sur les performances relatives de notre outil.

3. Jeu de données

Notre jeu de données peut être décomposé en 3 sous parties:

- ❖ Les données provenant du jeu de données publiques [Sleep-EDF Extended de Physionet](#). Nous utilisons le sous-ensemble *Sleep-Cassettes*. Ces données fournissent deux signaux électroencéphalographiques (FPz-Cz et Pz-Oz), ainsi que les hypnogrammes qui y ont été associés aux suites d'une analyse polysomnographique pour toute la nuit du sujet. Nous disposons de 153 nuits de données réparties entre 82 sujets d'âge et de sexe différents. Les données comptent aussi un signal EOG, un signal EMG du menton et plus encore, mais nous utiliserons uniquement les données électroencéphalographiques, comme c'est ce qui est utilisé par notre algorithme. Notez que ces données constituent notre ensemble d'entraînement pour la création de notre classifieur de stade de sommeil. À la base, l'objectif des créateurs de ce jeu de données était de déterminer s'il y avait des différences dans le sommeil en fonction de l'âge et du sexe des sujets. Nous pourrions donc créer des visualisations intéressantes à ce sujet.

- ❖ Les données EEG « de test ». Ces données proviennent d'un enregistrement EEG de la nuit de sommeil d'un des membres de notre équipe et a été fait dans les règles de l'art à l'aide des services d'une électrophysiologue médicale. Ces données ont été acquises à l'aide d'un dispositif d'acquisition de bio-sinaux OpenBCI. De ces signaux EEG, nous générerons l'hypnogramme de la nuit de sommeil à partir de notre algorithme de classification automatique. Nous avons aussi fait générer un hypnogramme par l'électrophysiologue médicale, afin de pouvoir vérifier la validité de notre algorithme. Nous pourrions donc mettre en perspective la fiabilité de notre classification à l'aide de ces données.
- ❖ La même électrophysiologue nous a aussi fourni l'hypnogramme qu'elle a créé à partir de biosignaux pris au hasard dans Sleep-EDF.. L'objectif de cet hypnogramme supplémentaire est de vérifier quel est le niveau d'agrément entre la façon de générer l'hypnogramme de notre électrophysiologue et les hypnogrammes utilisés dans nos données d'entraînement. Cela pourra permettre de mettre en perspective la précision de notre algorithme avec celle d'un humain.
- ❖ Finalement, mais non les moindres, les données EEG fournies par l'utilisateur de notre application web. Celles-ci sont acquises de la même façon que nous l'avons fait pour notre ensemble de test, mais par l'utilisateur lui-même. L'intérêt de ces données est de pouvoir générer et montrer l'hypnogramme de l'utilisateur, mais aussi de le situer par rapport aux autres données que nous possédons et ainsi pouvoir lui-fournir une idée de la qualité de son sommeil.

Notez que pour chaque hypnogramme nous disposons des méta-données suivantes: âge et sexe du sujet, ainsi que la date et l'heure du début de l'enregistrement et l'heure de coucher. Les hypnogrammes décomposent la nuit en 5 stades, soit Wake, N1, N2, N3 et REM.

4. Public cible

Dans le cadre de notre visualisation, le public cible serait des gens issus de la communauté des neurotechnologies, et qui posséderait préalablement un appareil d'enregistrement de biosignaux ([OpenBCI](#)). Ce sont des neuroscientifiques, des ingénieurs ou bien des gens qui ont tout simplement un intérêt poussé pour les initiatives liés aux technologies du cerveau.

Leur intérêt serait de pouvoir visualiser leur propre nuit de sommeil, par le biais de l'acquisition de leurs propres données. Comme ce sont des gens qui s'intéressent au côté technique, on pourrait également leur permettre de visualiser notre méthodologie.

5. Questions

Catégories:

- Description du sommeil de l'utilisateur
- Comparaison avec la population
- Méthodologie

Tableau 1: Questions intéressantes pour l'utilisateur notés en fonction de leur priorité arbitraire.

Questions	Priorité (/4)	Viz 1	Viz 2	Viz 3	Viz 4	Viz 5
Quel temps ai-je passé dans chaque stade cette nuit?	☆☆☆ ☆	✓	✓		✓	✓
Combien de temps est-ce que je dors réellement au total?	☆☆			✓	✓	
Quel cycle suit mon sommeil?	☆☆☆					✓
Combien de fois est-ce que je me suis réveillé durant la nuit?	☆			✓	✓	✓
À quel moment de la matinée aurait-il fallu me réveiller pour me souvenir de mon rêve?	☆			✓		
Peut-on identifier quelqu'un qui a de la difficulté à dormir?	☆☆			✓		
Comment ma nuit se compare à la nuit moyenne de la population?	☆☆☆	✓	✓		✓	
Comment ma nuit se compare à la nuit moyenne des gens similaires à moi?	☆☆	✓	✓		✓	
Comment ma nuit se compare à d'autres profils-types (âge, sexe, pathologies, etc.)?	☆☆☆			✓		
Est-ce que les polysomnographes s'entendent sur la majorité des classifications?	☆☆					✓
Est-ce que les prédictions établies sont justes?	☆☆☆					✓

Quelles sont les caractéristiques du signal EEG qui ont pu être utilisé pour classer les stades de sommeil?	☆					
Existe-t'il une corrélation visible entre les données EEG brutes et l'hypnogramme résultant?	☆☆					

6. Idées de design

Visualisation 1

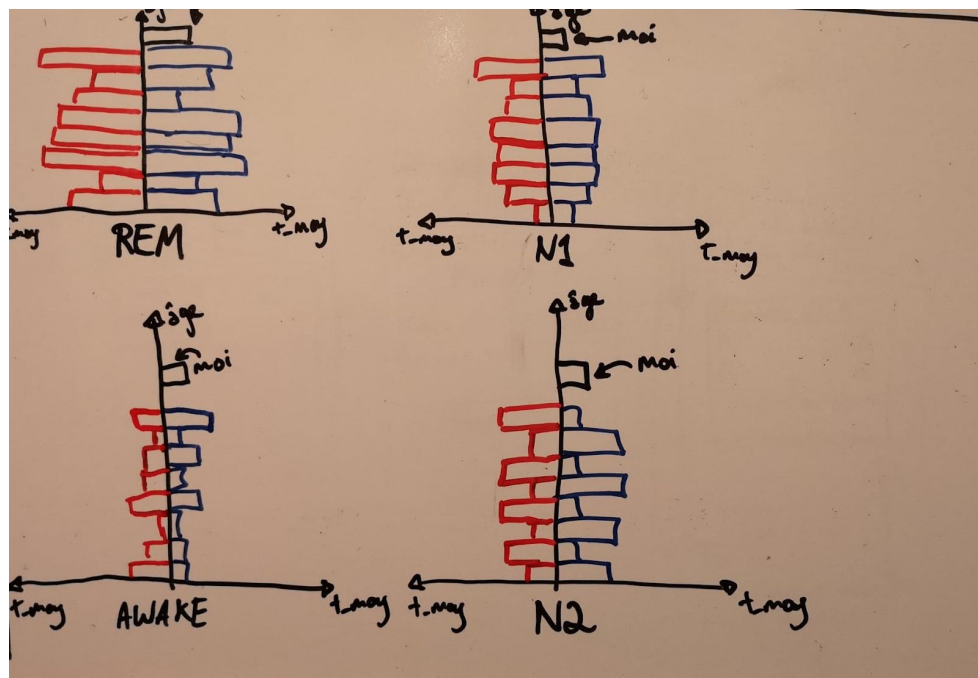


Figure 1: *Small multiples* du temps passé dans chaque phase de sommeil

Nous pensons utiliser des *small multiples* dont chaque item est une visualisation de style «pyramide de population» qui présente le temps passé dans chaque phase de sommeil par les différents groupes d'âges. On y verrait un comparatif entre les hommes et les femmes. Les *bins* seraient des tranches d'âge, et l'axe horizontal encoderait la moyenne de temps passé par les individus de cette tranche d'âge dans la phase de sommeil en question.

Visualisation 2

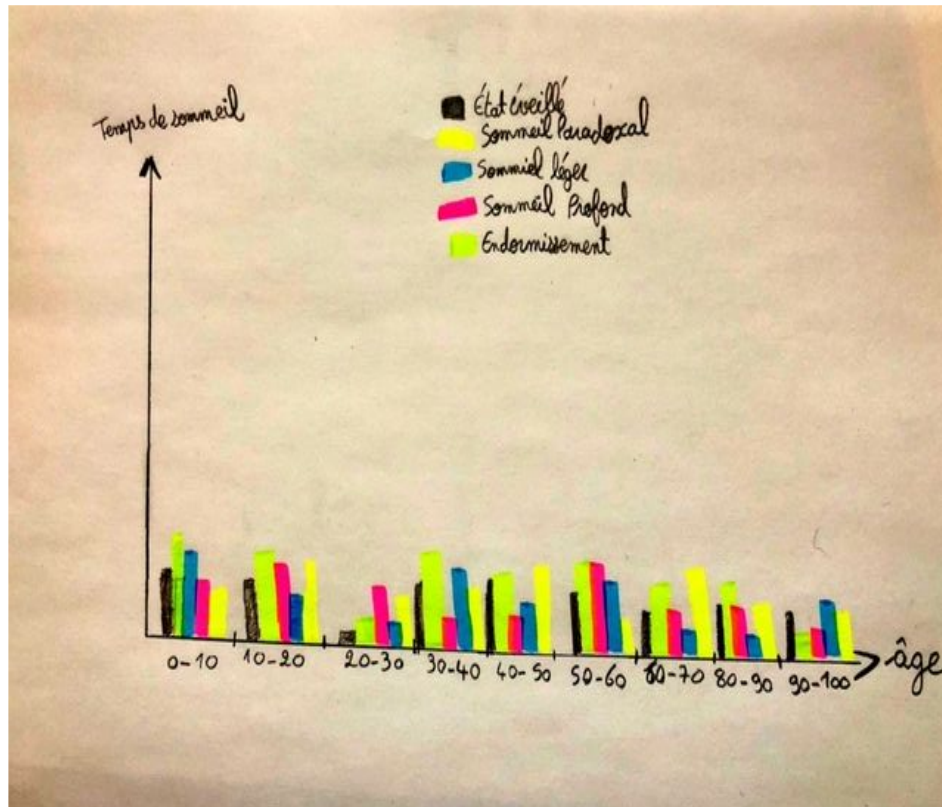


Figure 2: *Categorical Bar Chart - temps passé dans chaque stade de sommeil selon l'âge.*

Nous avons, aussi réfléchi à une visualisation complémentaire qui prendrait la forme d'un Categorical Bar Chart, afin d'exprimer les mêmes données qu'à la première visualisation.

On peut définir en moyenne le temps que passe chaque personne dans chaque stade de sommeil en fonction de son âge. L'axe des abscisses est divisé 10 catégories d'âges dans lesquelles on définit à l'aide d'un diagramme à barre la moyenne du temps de sommeil passé dans chaque stade par les individus de chaque catégorie.

On aimerait ajouter dans ce diagramme une animation afin de changer l'axe des abscisses en : Stade de sommeil et les barres du diagramme pourraient représenter les différentes catégories d'âge (sans changer l'axe des ordonnées).

Visualisation 3



Figure 3: *Stacked Bar chart - proportion du temps passé dans chaque stade de sommeil en fonction du profil type.*

Tout d'abord, la première visualisation permet de remplacer les hypnogrammes classiquement utilisés en polysomnographie et présente l'heure à laquelle chaque stade de sommeil est arrivé. Chaque stade de sommeil est représenté par une couleur et un symbole (ex.: W pour wake stage). Certains commentaires sont placés sous les heures de sommeil, par exemple, lors du premier passage de W à N1, on note qu'il s'agit de l'heure à laquelle vous êtes endormi.

Une animation permet ensuite de passer en mode stacked bar chart et affiche certains profils-types avec lesquels il est possible de se comparer. Par exemple, il serait intéressant de comparer sa nuit de sommeil avec la nuit de sommeil type d'un insomniaque. Ces stacked bar charts représentent la proportion de chaque stade de sommeil à travers la nuit.

Visualisation 4

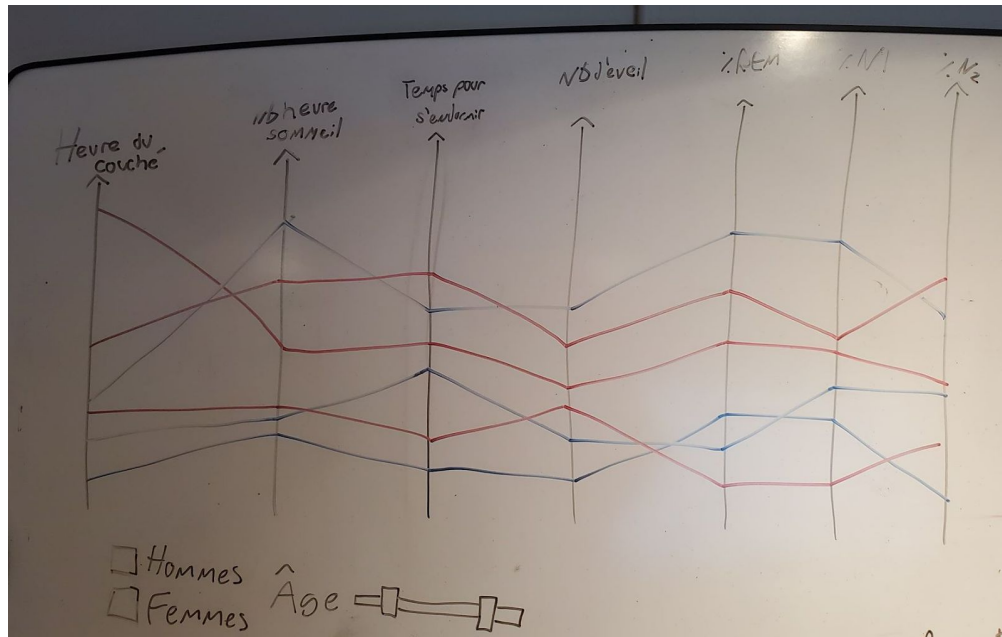


Figure 4: Coordonnées parallèle - Description d'une nuit de sommeil pour plusieurs personnes

Dans la visualisation ci-haute, on peut observer des nuits de sommeils en comparaison de plusieurs personnes. On peut sélectionner d'afficher un seul ou les deux sexe avec une plage d'âge au choix. De plus, la nuit de sommeil de la personne concerné sera affiché en gras. Les variables d'intérêt seront l'heure à laquelle la personne c'est endormis suivi du nombre d'heure de sommeil et le temps pris pour s'endormir. À la suite de cela, on a le nombre d'éveil durant la nuit ainsi que le pourcentage du sommeil passé dans chaque stade.

Visualisation 5

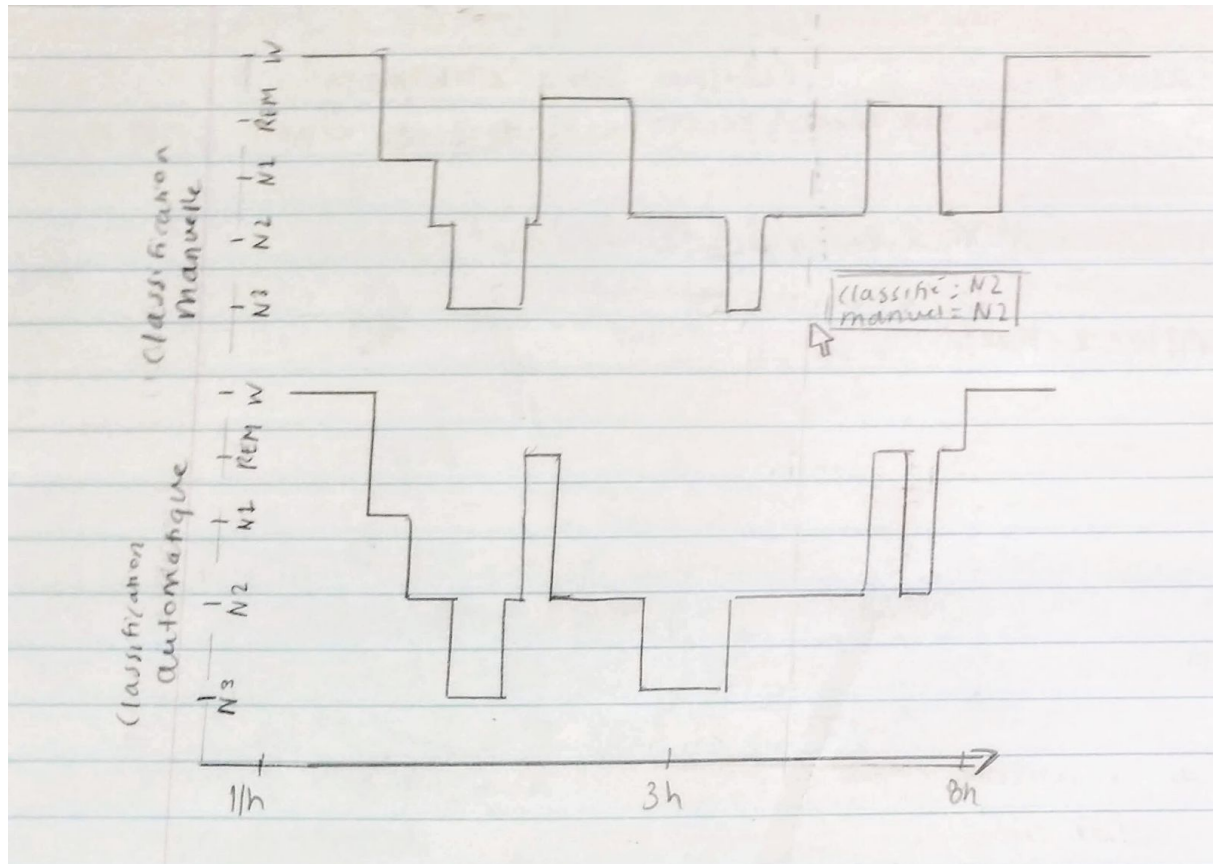


Figure 5: Comparaison des hypnogrammes issus de la classification automatique et de la classification manuelle

Afin d'illustrer les performances de notre classifieur aux utilisateurs, nous voulons leur proposer deux hypnogrammes, l'un étant le résultat de notre algorithme sur une nuit d'enregistrement et l'autre étant la classification manuelle de cette même nuit de sommeil fait par une étudiante en électrophysiologie. L'hypnogramme est un idiom qui est couramment utilisé pour représenter les stades de sommeil.

Dans le but de faciliter la comparaison entre les deux classifications, l'utilisateur pourrait promener son curseur entre les deux graphiques, et un label afficherait quel est le stade classé à ce moment de la nuit. Une ligne verticale serait également affichée.