

Analyse fréquentielle de signaux et étude de régulations physiologiques

Estelle Blons

Dans cette capsule je vais vous parler d'analyse du signal.

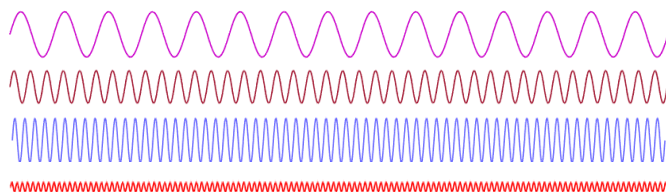
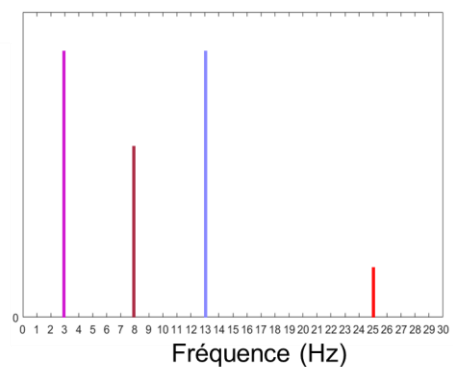
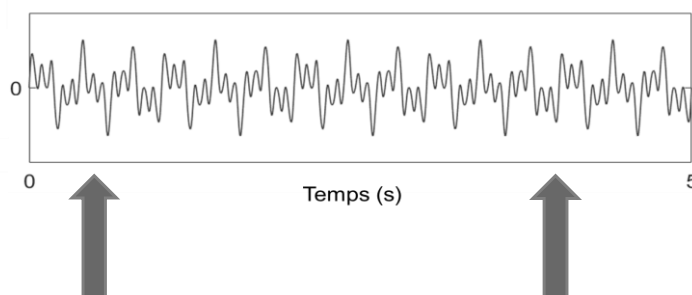
Nous sommes fréquemment amenés à traiter et analyser des signaux afin d'accéder aux informations qu'ils transportent, et ce, même de manière inconsciente dans notre vie quotidienne.

Par exemple, la parole génère des ondes sonores captées et traitées par l'oreille et le cerveau afin d'accéder à l'information transmise. Pour étudier un signal de manière approfondie, la première étape consiste à observer son allure en fonction du temps. Il s'agit de la représentation temporelle du signal.

Par exemple, ce signal sinusoïdal représente le courant électrique alternatif qui alimente nos appareils électriques en France. L'amplitude du signal nous renseigne quant à l'intensité du courant.

La fréquence du courant est déterminée grâce à la période du signal, elle vaut 50Hz. En étudiant ce signal dans le domaine fréquentiel, on obtient un spectre. Ce spectre est composé d'une raie positionnée à la fréquence 50Hz, d'une hauteur qui correspond à l'amplitude du signal. Ce signal est composé d'une seule onde sinusoïdale, en revanche, tous les signaux ne sont pas aussi simples.

Jean Baptiste Joseph Fourier a mis en évidence qu'un signal périodique comme celui-ci pouvait être représenté par une somme d'ondes sinusoïdales. Le développement en série de Fourier de ce signal nous permet d'accéder au spectre fréquentiel qui est composé de 4 raies positionnées à 3, 8, 13 et 25Hz. Nous savons alors que notre signal est une somme de 4 ondes sinusoïdales dont nous connaissons la fréquence, mais aussi l'amplitude.



Développement en
série de Fourier

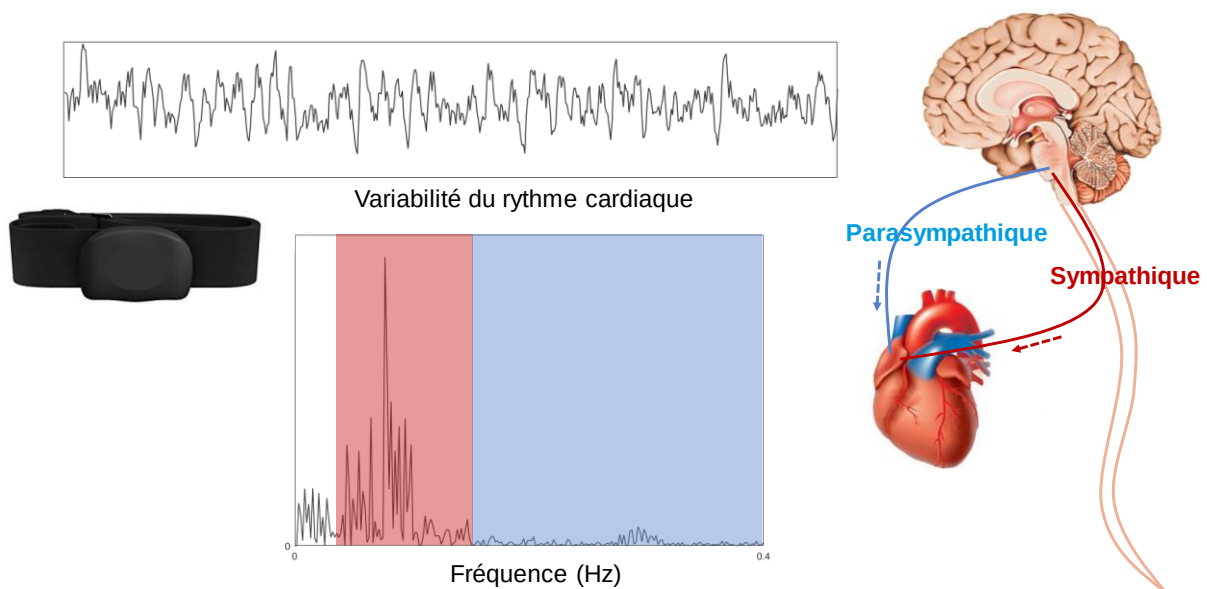
Dans le cas des signaux non périodiques, le spectre fréquentiel est obtenu par une extension du développement en séries de Fourier : il s'agit de la transformée de Fourier. Le spectre obtenu est dit

continu, car il y a une somme infinie de raies, une somme infinie de fréquences. Une telle sommation se présente sous forme d'intégrale.

En physiologie humaine, l'analyse fréquentielle de signaux nous apporte des informations essentielles sur les systèmes de régulations qui génèrent ces signaux. Par exemple, lorsque nous nous tenons debout, des boucles de régulations nerveuses agissent constamment et simultanément afin de maintenir notre posture, ce qui génère de petites oscillations de notre corps, notamment d'avant en arrière. Trois sous-systèmes nous permettent de réguler notre posture : le système visuo-vestibulaire (la vue et l'oreille interne), le cervelet (une structure à la base du cerveau) et le système proprioceptif. Chaque sous-système décharge de l'information à sa propre fréquence.

Grâce à une plateforme de stabilométrie, il est possible de recueillir le signal des oscillations posturales au cours du temps.

En effectuant la transformée de Fourier de ce signal, nous pouvons accéder à l'amplitude et déterminer l'énergie véhiculée par chaque sous-système, puisque nous connaissons leurs fréquences de décharges.



Une diminution importante d'énergie dans la bande de fréquence liée à la proprioception peut alors laisser présager d'une atteinte musculaire, tendineuse ou articulaire.

Le signal de variabilité du rythme cardiaque est un autre signal que nous pouvons recueillir chez l'Homme grâce à une ceinture de fréquence cardiaque. Dans ce cas-là, l'analyse fréquentielle nous indique l'énergie fournie par 2 branches nerveuses qui innervent le cœur : la branche parasympathique et la branche sympathique. En effet, la branche sympathique décharge à des fréquences plus faibles que la branche parasympathique. Une augmentation importante de l'énergie dans la zone en rouge met en évidence une décharge importante de la branche sympathique et peut révéler un état de stress, de fatigue ou de surentraînement chez un individu.