

SEPTIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

NICE du 28 MAI au 2 JUIN 1979

UNE METHODE D'APPROCHE EN ELECTROENCEPHALOGRAPHIE : L'ANALYSE
DE FOURIER EN BANDE ETROITE.

*BERNARD RIBEMONT - **F. ETEVENON et F. GIANNELLA

*HEWLETT PACKARD FRANCE, Z.I de Courtabœuf, B.P. n° 6, Avenue des Tropiques 91400 ORSAY
**HOPITAL SAINT ANNE - Laboratoire EEG

RESUME

On s'intéresse à l'étude de la zone de fréquence proche de l'alpha. Dans une analyse fréquentielle de type classique, l'alpha apparaît sous la forme d'une résonance (étude sur l'autospectre). En introduisant une méthode d'analyse en bande étroite autour de l'alpha, on peut faire une investigation plus poussée. On présentera ici les premiers résultats, avec calcul d'erreur, obtenus sur l'enregistrement d'un sujet normal sur 4 déviations EEG.

SUMMARY

We wish to study the frequency bandwidth around the alpha rhythm. Classically, the alpha rhythm appears as a peak in the auto-spectrum. We introduce a band selectable Fourier analysis around the alpha rhythm, to obtain more details, we will show the first results, with error calculus ; these results were obtained from a normal patient on four EEG deviations.



UNE METHODE D'APPROCHE EN ELECTROENCEPHALOGRAPHIE : L'ANALYSE DE FOURIER EN BANDE ETROITE.

Introduction

Une étude classique d'EEG donne lieu à l'apparition d'une résonance au voisinage du rythme alpha (Berger 1929). Une étude plus fine de cette résonance paraît donc intéressante pour avoir une meilleure connaissance du phénomène.

A partir d'un enregistrement temporel, une analyse spectrale sur deux voies est effectuée par une méthode de Fourier classique. L'étude de l'autospectre montre l'apparition de la résonance. On applique ensuite une méthode de bande étroite au voisinage de cette résonance.

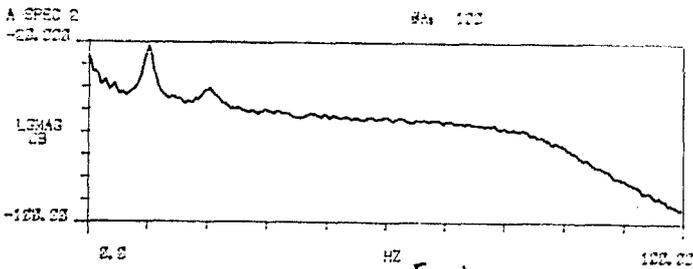


Fig 1: Analyse en bande étroite

Méthode

Considérons une fonction $\alpha(t)$ intégrable sur l'espace \mathbb{R} des nombres réels ($\alpha(t) \in L^1(\mathbb{R})$)

On définit sa transformée de Fourier $X(f)$

$$\mathcal{F}(\alpha) = X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} \alpha(t) e^{-2\pi i f t} dt$$

Si l'on applique le théorème de translation de la transformée de Fourier, on a

$$X(f - f_0) = \mathcal{F}(e^{2\pi i f_0 t} \alpha(t))$$

relation que l'on peut écrire simplement :

$$e^{2\pi i f_0 t} \alpha(t) \leftrightarrow X(f - f_0)$$

d'un point de vue physique la translation dans le spectre fait donc apparaître un signal complexe dans le domaine des temps.

Considérons maintenant la discrétisation de ce phénomène mathématique.

On considère un intervalle $[a, b] = \sum_{i=1}^N [t_i, t_{i+1}]$

soit $\alpha(t) = \sum_{i=1}^N \alpha(t_i)$

On supposera que $[t_i, t_{i+1}] = \Delta t \quad \forall i \in [1, N]$

soit alors $T = N \Delta t$

On introduit la transformée de Fourier discrétisée

$$X(m \Delta f) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \alpha(n \Delta t) e^{-2\pi i m n / N}$$

avec $\Delta f = \frac{1}{N \Delta t}$

la relation devient ici évidente

$$\mathcal{F}_d(e^{2\pi i f_0 t} \alpha(t)) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \alpha(n \Delta t) e^{-2\pi i (m-k) n / N}$$

 Soit transformée discrète, avec $f_0 = k \Delta f$

Considérons maintenant un intervalle $I = [f_0 - \Delta f / 2, f_0 + \Delta f / 2]$

avec $f_i = l \Delta f$ et soit $\Delta f' = \frac{f_i - f_0}{N} = \frac{l \Delta f - f_0}{N}$
 on pose $k(l) = N/l = \frac{\Delta f}{\Delta f'}$ (coeff. de loupe)

On effectue alors une translation sur la transformée de Fourier, puis on calcule la transformée discrète dans l'intervalle I

On a alors

$$X(m \Delta f) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \alpha(n \Delta t) e^{-2\pi i m n / N}$$

 avec $\Delta t = k(l) \Delta t$
 soit encore

$$\mathcal{F}_d(e^{2\pi i f_0 t} \alpha(t)) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \alpha(n \Delta t) e^{-2\pi i j(m-k)n / N}$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \alpha(k(l) n \Delta t) e^{-2\pi i j(m-k)n / N}$$

le phénomène physique correspondant est décrit par V. THIEBAUD [2], en tenant compte des problèmes d'échantillonnage et du Théorème de Shannon.

Cette méthode permet donc d'élever la résolution en fréquence dans un rapport K .

Le gros avantage est que N reste constant. On utilisera ici $N = 2^p$ conformément à la méthode Cooley-Tuckey. Ceci, d'un point de vue application permet donc de simuler sur mini-ordinateur des transformées de Fourier sur un nombre considérable de points.

Calcul d'erreur (sur des signaux aléatoires)

On considère ici $\alpha(t)$, processus aléatoire stationnaire. On introduit l'erreur

$$\epsilon = \epsilon_b + 2 \epsilon_r$$

avec ϵ_b = coefficient de variation du biais sur l'intensité spectrale.

$$\epsilon_r = \frac{1}{\sqrt{nd}}$$

où nd est le nombre de moyennes sur le signal (Bendat, Piersol [5])

Soit T_k le temps total d'acquisition $T_k = n_d k T$

d'où $\epsilon_r = \frac{\sqrt{kT}}{\sqrt{T_k}} = \frac{1}{\sqrt{k \Delta f' / \Delta f T_k}}$

$$\epsilon_b = \frac{1}{3} \frac{\Delta f^2}{B^2} \approx 0.56 \Delta f^2 = 0.56 k^2 \Delta f'^2$$

(J. Bendat [7])

On retrouve donc ici la dualité entre erreur de biais et erreur statistique (erreur de variance).

Il apparaît donc nécessaire d'avoir une durée d'acquisition suffisamment longue et un assez grand nombre de moyennes pour une analyse en bande étroite fiable sur un signal aléatoire.

Sur un cas typique de 100 moyennes, en bande large on a une erreur de l'ordre de 40 %. Avec $K = 64$ on obtient une erreur de 10 % de part et d'autre du spectre linéaire.

Application

Des sujets volontaires ont été enregistrés pendant 7 minutes les yeux fermés pour 4 déviations EEG simultanées. (rolando-parietal droit et gauche, parieto-occipital droit et gauche)



UNE METHODE D'APPROCHE EN ELECTROENCEPHALOGRAPHIE : L'ANALYSE
DE FOURIER EN BANDE ETROITE.

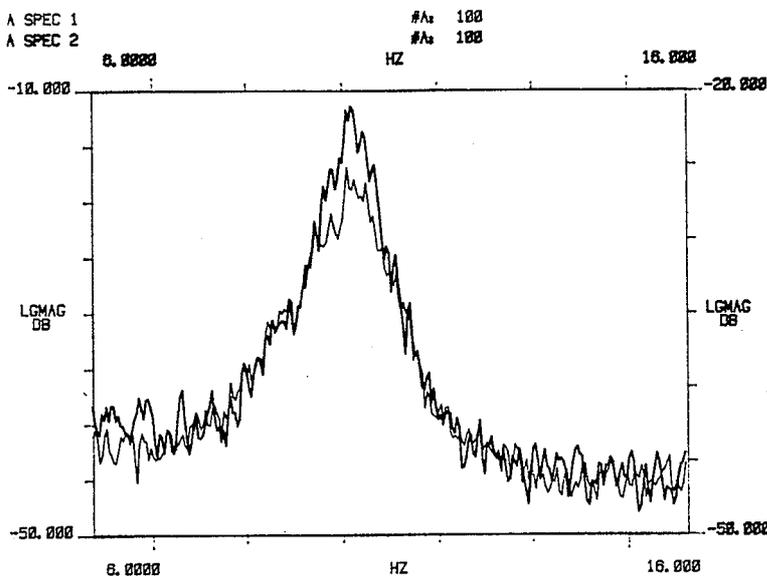
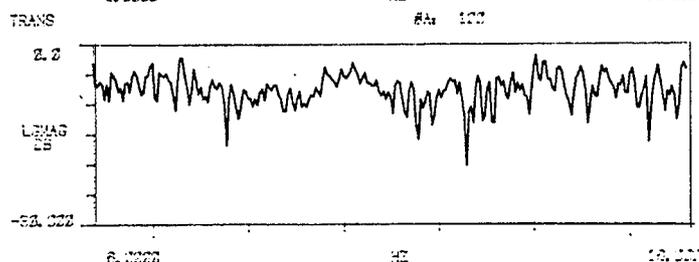
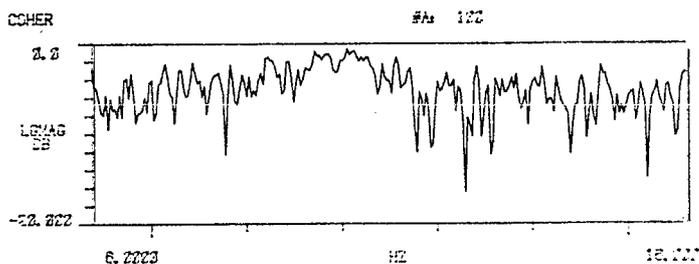
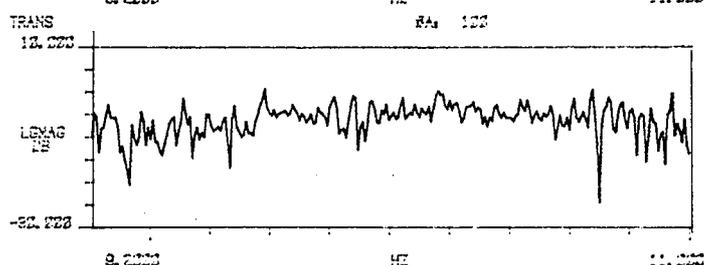
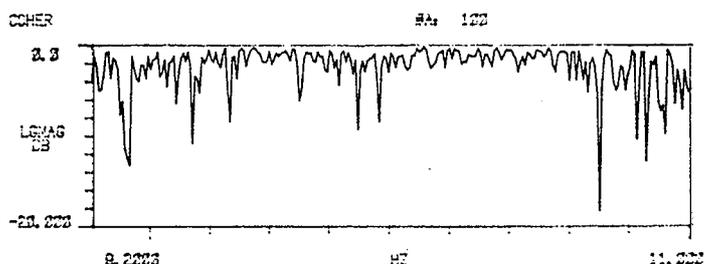
Le programme de digitalisation avec double rejet d'artéfacts a été décrit dans [1] [4].

L'échantillonnage est effectué à 200 Hz pour des blocs de 512 points avec une résolution de base $\Delta f = 0.39$ Hz et une durée $T = 2.56$ s. On utilise des filtres anti-repliement (72db/octave) coupant à 50 Hz.

L'analyse est tout d'abord faite en bande de base [0,100 Hz] puis le coefficient K de loupe est augmenté jusqu'à 64. L'étude est faite sur les autospectres de chaque voie et en transfert et cohérence.

L'on peut observer tout d'abord un accroissement de dynamique intéressant lorsque K augmente. De plus la cohérence se rapproche de 1 dans les zones d'intérêt.

Le phénomène le plus intéressant est l'apparition de pics très étroits dans une bande passante étroite au voisinage du rythme alpha (10 Hz).



Conclusion

De ces résultats, on peut tirer quelques conclusions.

Tout d'abord l'étude du rythme alpha semble très complexe vu la structure très perturbée du spectre.

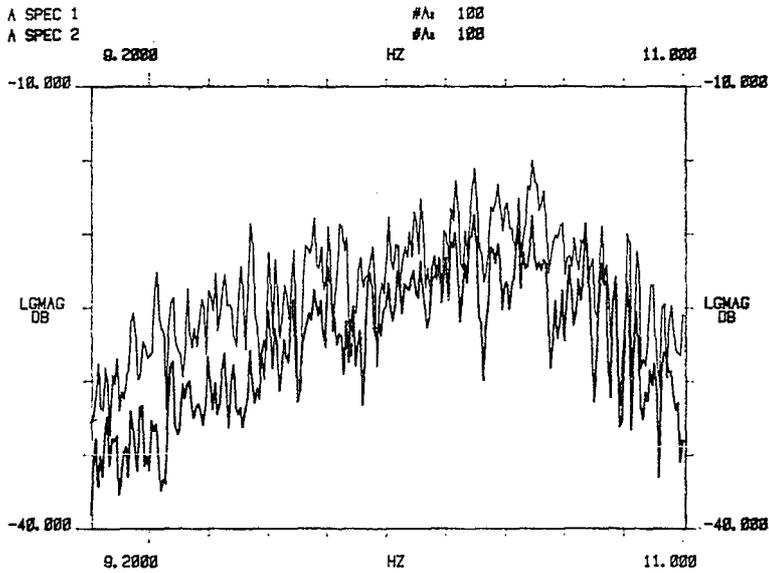
On peut ensuite entrevoir la possibilité d'un signal déterministe qui peut être un signal modulé en amplitude et en fréquence ou bien un processus gaussien à bande étroite. (Zetter berg [3])

Cela exclut a priori le cas d'une sinusoïde noyée dans un bruit qui devrait ressortir à l'analyse effectuée ici.

Physiologiquement parlant, la première hypothèse semble la plus intéressante. Toutefois elle n'est pas explicitement validée par la méthode dans son état actuel. Il conviendrait de tenter une méthode mixte de démodulation et d'analyse en bande étroite.



UNE METHODE D'APPROCHE EN ELECTROENCEPHALOGRAPHIE : L'ANALYSE
DE FOURIER EN BANDE ETROITE.



REFERENCES :

- [1] P. ETEVENON : Thèse Paris VI 1977
- [2] V. THIEBAUD : Analyse en bande étroite et application aux structures faiblement amorties. HEWLETT PACKARD Publication
- [3] ZETTERBERG : Estimation of parameteus for a linear difference equation with application to math. BIOSCI 1969 . 5
- [4] P. ETEVENON
B. PIDOUX : Progresses of statistical spectral analysis in Pharmac EEG. Phar.Neuro.Psy. JANVIER 1979
- [5] BENDAT et
PERSOL : RANDOM DATA : Analysis and Measurement Procedures.

