
TECHNIQUE DU FILTRAGE ADAPTATIF APPLIQUEE AUX SIGNAUX NEUROLOGIQUES

H. Drissi, S. Benaouicha et M. Bouhorma

*Laboratoire d'Informatique et Télécommunication,
Faculté des Sciences et Techniques - Tanger, Maroc*

Résumé: *Dans ce travail, nous proposons une estimation du potentiel évoqué visuel (PEV) basée sur le filtrage adaptatif. Ce dernier produit une estimation adéquate du signal utile, sans aucune connaissance à priori de la statistique des enregistrements. Le filtre optimal est obtenu selon le critère des moindres carrés. Cette technique est testée sur des réponses obtenues à la suite de stimulations visuelles appliquées à des sujets normaux. Les résultats révèlent des performances supérieures à celles offertes par la technique de la moyenne tout en réduisant d'une manière significative le temps de stimulation.*

Mots clés: *potentiel évoqué visuel, acquisition, extraction, traitement, filtrage adaptatif.*

I. Introduction

En Neurologie, Le PEV représente les réponses du système nerveux à une excitation visuelle. L'enregistrement du PEV est obtenu à l'aide de deux électrodes placées sur le cuir chevelu. Une troisième électrode est connectée au lobe de l'oreille sert de référence [1], [2], [3], [4], [5]. Un stimulus visuel en forme de damier est appliqué toutes les secondes. La réponse obtenue à chaque excitation, caractérisée par de faibles amplitudes est noyée dans l'Electroencéphalogramme (EEG) dont l'amplitude peut atteindre plusieurs centaines de millivolts [6]. La méthode classique d'extraction du PEV utilisée dans les hôpitaux est basée sur la technique de la moyenne. Les données numériques correspondant aux différents enregistrements obtenus chacun à la suite d'une stimulation sont moyennées d'une

Chaque réponse unitaire se compose du signal PEV désiré s_n et du EEG de fond v_n , soit $X_n = s_n + v_n$. Si le signal de référence Y_n est choisi corrélé avec s_n seul, alors la sortie du filtre adaptatif fournit la meilleure estimation de la partie de X_n corrélée avec Y_n . La soustraction de l'estimé du signal primaire représente le signal d'erreur e_n qui est utilisé pour ajuster l'algorithme d'adaptation de manière optimale au sens des moindres. Le vecteur des coefficients du filtre est adapté par l'algorithme adaptatif LMS introduits par Widrow and Hoff [6] selon l'équation récurrente :

$$H_{n+1} = H_n + \mu e_n Y_n \quad n = 0, 1, \dots$$

où μ représente le facteur d'adaptation qui agit sur les fluctuations des valeurs des coefficients autour de la valeur optimale une fois la convergence atteinte.

Obtention du potentiel évoqué visuel

Dans ce travail nous proposons comme signal de référence l'activité électrique en l'absence de stimulations (yeux fermés) qui présente en fait une certaine corrélation avec le EEG de fond qui masque le signal désiré. Le signal primaire est constitué par les réponses unitaires résultant des stimulations successives de l'œil gauche seul, l'œil droit seul ou les deux yeux.

Le potentiel évoqué représente la réponse du cortex cérébral à une stimulation visuelle. Le stimulus utilisé est un damier de 64 cases dont l'état de luminosité des cases s'inverse toutes les demi-secondes. Le sujet, assis confortablement, est prié de fixer le centre du moniteur de stimulation situé à un mètre environ. Les potentiels sont mesurés à l'aide de deux électrodes placées sur le scalp (positions Cz et Oz selon le système international 10-20); une troisième électrode connectée au lobe de l'oreille est prise comme référence (figure 2).

Les signaux obtenus sont caractérisés par de très faibles amplitudes (de l'ordre de quelques micro-volts à quelques dizaines de micro-volts). Ils subissent d'abord une amplification (gain = 20000) puis un filtrage passe bande (fréquence de coupure basse = 0.3Hz, fréquence de coupure haute = 400Hz) suivi d'une conversion analogique - digitale (fréquence d'échantillonnage = 800Hz) avant d'être envoyés au calculateur pour extraction et autres traitements.

III. Résultats

Nous avons testé la méthode d'extraction proposée sur les données suivantes: le signal primaire est constitué par des réponses successives du sujet lorsque l'œil gauche seul est stimulé (figure 3). Le signal de référence est constitué par les réponses successives lorsque les yeux sont fermés (figure 4)

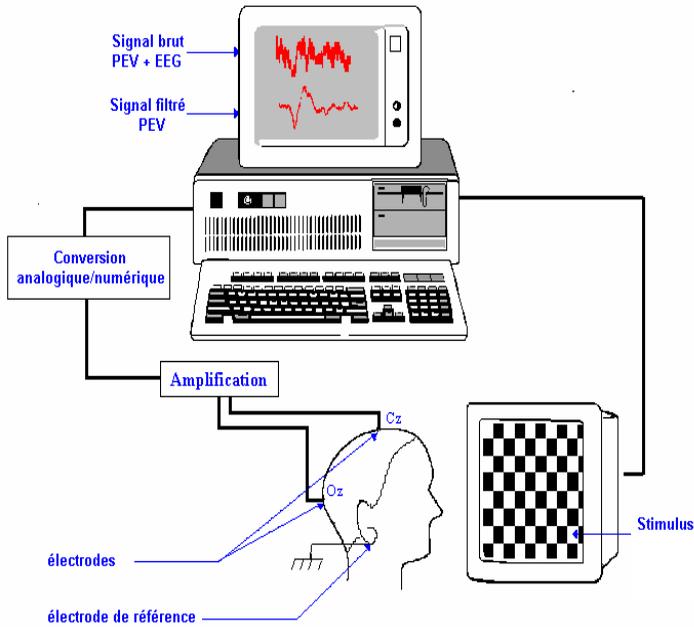


Figure 2: Obtention des réponses unitaires du potentiel évoqué visuel

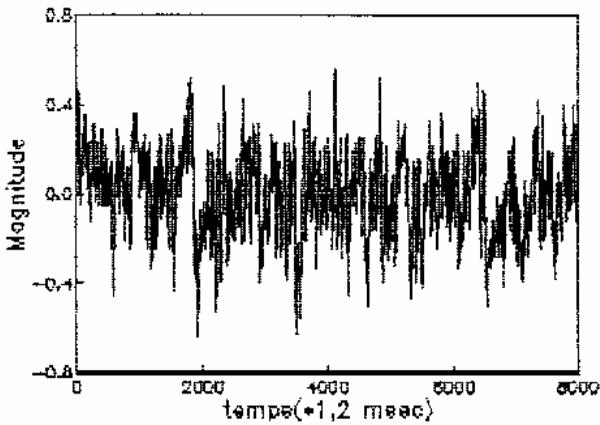


Figure 3 : enregistrement brut du PEV lorsque l'œil gauche du sujet est stimulé

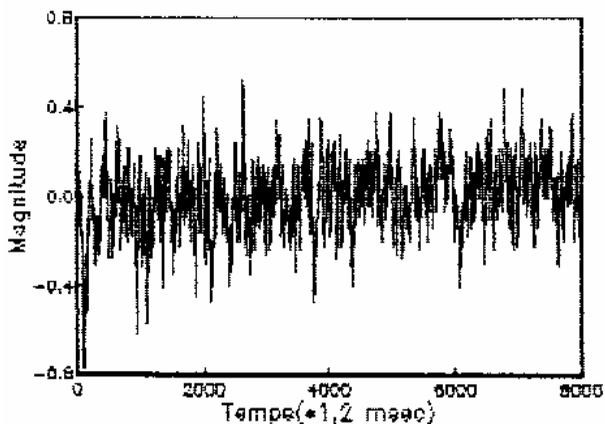


Figure 4: enregistrement lorsque le sujet a les yeux fermés

Nous avons testé la méthode pour plusieurs valeurs de l'ordre M du filtre et du facteur d'adaptation μ . Nous avons trouvé que la meilleure estimation du PEV est obtenue avec $M=12$ et $\mu = 0.1$. Les figures 5 et 6 représentent respectivement une portion du signal brut et sa version filtrée. Notons l'apparition nette des pics dominants du signal caractérisant le PEV.

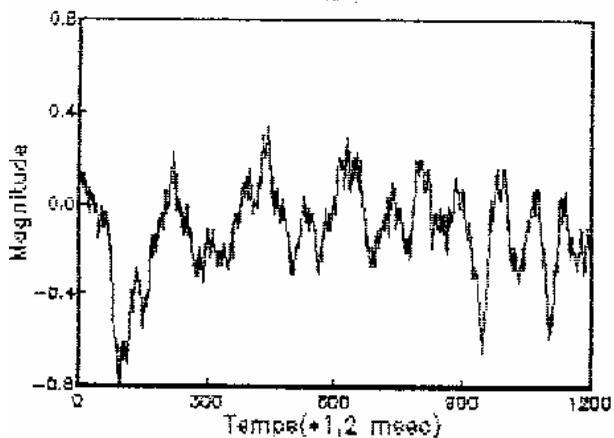


Figure 5 : enregistrement brut du PEV lorsque l'œil gauche seul est stimulé

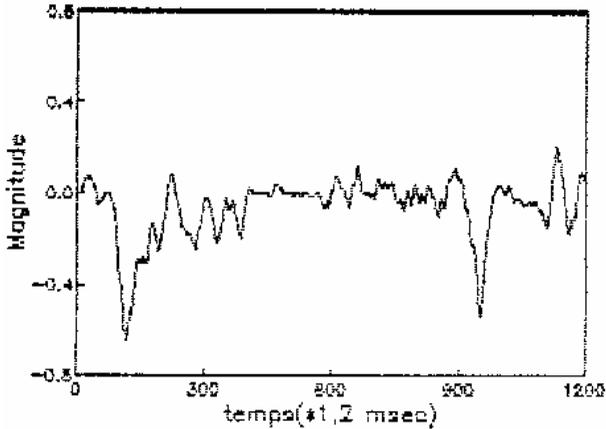


Figure 6: Signal filtré obtenu a l'aide d'un filtre d'ordre $M=12$ et un facteur d'adaptation $\mu=0.1$

IV. Conclusion

L'évaluation du PEV dans les hôpitaux est basée sur la mesure de la latence. Celle-ci exige l'application d'un grand nombre de réponses. Or une longue durée de stimulations entraîne une fatigue et perte de concentration surtout chez les enfants et les personnes âgées. La méthode de filtrage proposée a permis une extraction du potentiel évoqué visuel plus efficace que celle offerte par la technique traditionnelle de la moyenne utilisée dans les hôpitaux, sur la base d'un nombre de stimulations très réduit et un filtre d'ordre faible.

Références

- [1] J.I Aunon, C.D. McGillem, et D.G. Childers, " Signal Processing in evoked potential research: Averaging, principal components modeling" Critical Reviews in Biomedical Engineering, Cleveland OH, CRC 5,323-367 (1981)
- [2] K.H. Chippa "Evoked potentials in clinical medicine", Raven Press, New York (1983)

- [3] F. Regragui., H. Drissi., A. Essaid., " Estimation du Potentiel Evoqué Visuel par la méthode du Filtrage Adaptatif ", Colloque international " Du capteur à l'instrumentation" Rabat, Avril 1992.
- [4] H. Drissi., F. Regragui., J. P. Antoine. and M. Bennouna, "Wavelet Transform Analysis of Visual Evoked Potentials : some preliminary results", Journal Innovation and Technology in Biology and Medicine , ITBM-RBM 2000 ; 21: pp 84-91.
- [5] S. Benaouicha., H. Drissi. et M. Bennouna, "Discrimination des signaux neurologiques à l'aide du réseau de neurones artificiel",. Journal Maghrébin de Physique, volume 1 N°2 , pp 21-29, 2001.
- [6] B. Widrow, et al. "Adaptive noise cancelling: principles and applications" Proc. IEEE, 63, 1692-1716 (1975)
- [7] S. J. Orfanidis, F. Regragui-Aafif and E. Micheli-Tzanakou " Visual evoked potential extraction by adaptive filtering" IEEE/9th Annual conference of the Engineering in Medicine & Biology Society, 2,968-969, (1987)