

DETECTION DE REPONSES LAPLACIENNES A DES  
STIMULATIONS VISUELLES

P. CHERUY et J. DUCHENE

UA CNRS 858 - UTC - Département de génie Biomédical - BP 649 -  
60206 COMPIEGNE Cedex FRANCE**RÉSUMÉ**

Le calcul du Laplacien permet de séparer les sources générant des potentiels évoqués au niveau du cerveau. Les méthodes classiques d'extraction sont basées sur la technique du moyennage. Nous proposons une modélisation du signal Laplacien à partir d'une somme de courbes Gaussiennes qui permet d'extraire la réponse Laplacienne du signal unitaire et de discriminer des signaux de bruit de signaux contenant une information.

**SUMMARY**

Event related sources can be separated by Laplacean operator computation. Classical extraction methods lay on averaging. A new model of Laplacean signal based on Gaussian curves is proposed. It manages Laplacean response extraction from raw signal and discrimination between signal and noise.

**INTRODUCTION**

La détermination des zones sources générant les potentiels évoqués au niveau du cerveau nécessite l'utilisation de méthodes de traitement spécifiques. Une technique intéressante consiste à utiliser un Laplacien. Son objectif est de prendre en compte les variations locales de potentiels en isolant les signaux générés juste en dessous d'un système à 5 électrodes (une électrode centrale et quatre électrodes équidistantes du centre). Il présente de plus l'avantage d'être indépendant de l'électrode de référence ce qui n'est pas le cas des enregistrements unipolaires. Si les distances inter-électrodes sont faibles, il peut s'approximer de la façon suivante (NUNEZ,1981).

$$\nabla \phi = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 + \phi_4 - 4. \phi_0$$

$\Phi_0$  : signal enregistré sous l'électrode centrale.

$\Phi_1... \Phi_4$  : signaux enregistrés sous les 4 électrodes périphériques équidistantes de 0.

Comme pour le potentiel unipolaire, le problème principal reste l'extraction d'une réponse élémentaire du bruit

physiologique dans lequel elle est noyée. La méthode classique consiste à effectuer un moyennage temporel d'un nombre important de signaux élémentaires en supposant la réponse recherchée identique à chaque stimulation, ce qui limite considérablement l'étude de la variabilité possible des réponses élémentaires. Plusieurs techniques de filtrage, en particulier le filtrage adaptatif (WOODY, 1967) tentent d'améliorer la qualité du signal. En fait, aucune méthode n'extrait la réponse Laplacienne du signal élémentaire sans se servir du moyennage soit directement, soit comme forme de référence.

**II : DEFINITION DU MODELE**

Pour conserver toute l'information de chaque réponse, la seule méthode consiste à travailler directement sur le signal élémentaire. Nous proposons une modélisation de la réponse Laplacienne afin d'extraire correctement les différentes composantes du signal.

Le modèle est construit comme une somme de courbes Gaussiennes ayant une position moyenne variable et une variance constante. Il s'exprime de la façon suivante :



$$\hat{y}_k = \frac{a_0}{N} + \sum_{i=1}^{p/N} a_i \left[ e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x_k - \pi_i}{\alpha p} \right)^2} - c_i \right]$$

$$c_i = \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x_l - \pi_i}{\alpha p} \right)^2}$$

- $\alpha$  Coefficient définissant la variance pour le modèle
- P Nombre de points entre 2 courbes Gaussiennes successives
- k Indice du point calculé
- x Position temporelle (en nombre de points ou en valeur réelle)
- N Nombre total de points du signal

Les coefficients  $a_i$  du modèle sont calculés à partir d'un algorithme classique des moindres carrés.

Plusieurs prétraitements sont effectués avant le calcul du modèle proprement dit afin d'améliorer le rapport signal à bruit du signal élémentaire considéré.

Les composantes très basses fréquences du signal qui ne contiennent aucune information liée à l'évènement qui a engendré la réponse sont éliminées par une méthode de régression linéaire. La droite de régression du signal brut est déterminée puis le signal est corrigé en lui ajoutant une droite de pente opposée.

Des lissages spécifiques en considérant les zones d'intérêt du signal sont également effectués. Le signal est lissé par moyenne glissante de façon importante dans les zones où il ne peut physiologiquement avoir de réponse et plus légèrement dans les zones où une composante du potentiel peut être présente.

L'estimation de la position du pic principal du signal permet de centrer le modèle sur ce dernier. L'efficacité du modèle est ainsi accrue car la courbe Gaussienne médiane s'ajuste parfaitement à ce pic.

La figure I présente le modèle obtenu pour une réponse Laplacienne élémentaire obtenue par stimulation visuelle.

Le modèle permet d'autre part de calculer différents paramètres caractérisant la forme du signal tels que la largeur du pic principal ou encore les amplitudes relatives des différents pics.

### III CRITERE DE REJET

Un critère de rejet a été élaboré à partir des coefficients du modèle en considérant en particulier les 3 premiers moments de ces coefficients, le signe du coefficient central qui correspond au pic principal du signal et le coefficient d'ajustement entre le modèle proposé et le signal

élémentaire. Ce critère permet de décider si la réponse Laplacienne est présente ou absente du signal élémentaire considéré. Il a été obtenu à partir d'une analyse factorielle discriminante sur des classes de référence : Une classe de bruit contenant des signaux élémentaires obtenus avec une stimulation visuelle à contraste nul et une classe de signal constituée de signaux synthétiques obtenus en additionnant à chaque signal de bruit un potentiel moyen réel. La figure II présente le résultat de l'analyse discriminante sur ces signaux de référence.

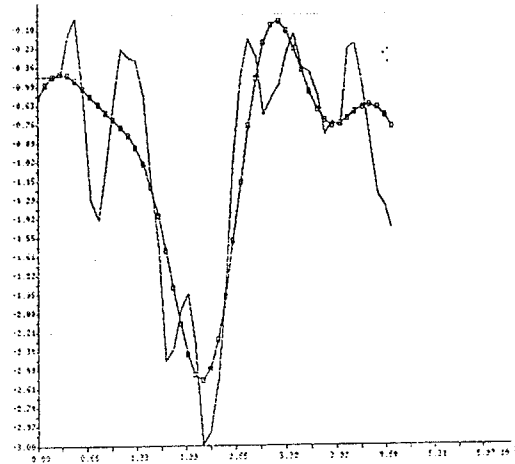


figure I : modélisation d'une réponse élémentaire par 7 courbes Gaussiennes. La courbe brute est représentée sans symbole.

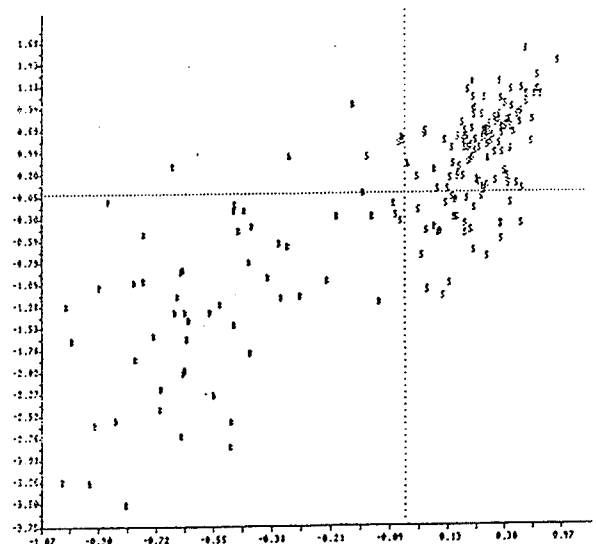


figure II : Projection sur le premier plan discriminant obtenu par analyse factorielle de la classe de signal notée S et de la classe de bruit notée B.

### IV MOYENNAGE SELECTIF

Il permet d'effectuer un moyennage des réponses élémentaires en ne conservant que les signaux contenant une

réponse, définis selon la valeur du critère précédent. En effet, il est inutile de détériorer le signal moyen en y incluant des signaux sans information utile.

L'efficacité de ce critère a été testée sur des réponses Laplaciennes obtenues par stimulation à faible contraste (inférieur à 10%). Une analyse de la corrélation entre le signal moyen obtenu sans traitement et les signaux moyens après traitement et rejet des signaux trop bruités par le critère a été effectuée. Elle a été effectuée en faisant varier le nombre de réponses élémentaires utilisées pour obtenir un potentiel moyen. Elle montre qu'il est possible de réduire considérablement le nombre de stimulations nécessaires pour aboutir à un potentiel moyen équivalent à celui obtenu sans rejet.

La figure III présente l'évolution du coefficient de corrélation calculé entre une moyenne de référence obtenue sans traitement avec 128 enregistrements et les moyennes obtenues avec rejet en faisant varier le nombre de signaux considérés. Elle compare également les coefficients de corrélation obtenus entre cette moyenne de référence et les moyennes obtenues avec le même nombre de stimulation mais sans rejet.

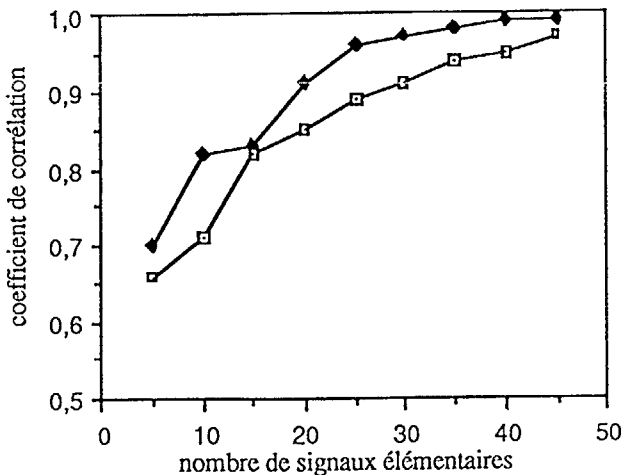
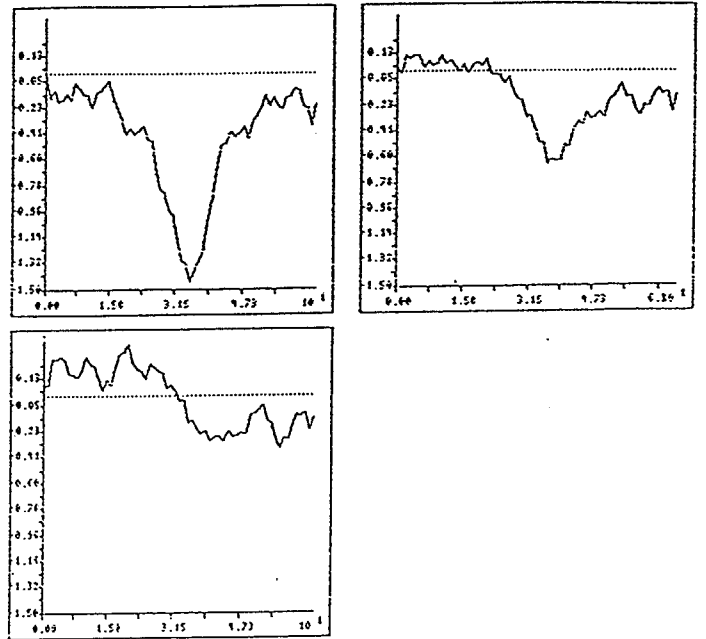


figure III : Evolution du coefficient de corrélation en fonction du nombre de signaux élémentaires utilisés pour obtenir la réponse Laplacienne moyenne.

□ sans rejet  
◆ avec rejet

D'autre part, dans le cas de signaux très bruités obtenus avec de très faibles contrastes de stimulation, il est possible d'augmenter considérablement l'amplitude de la réponse moyenne par élimination des enregistrements bruités. La figure IV présente les moyennes obtenues avec et sans rejet ainsi que la moyenne des signaux rejetés qui ne présente aucune corrélation avec les autres signaux moyens. Ces moyennes ont été obtenues sans recentrage sur le pic principal de la réponse Laplacienne, le gain en amplitude est donc uniquement dû à l'élimination des signaux qui ne présentent pas d'information corrélée à la stimulation visuelle correspondante. Sur les 256 signaux considérés, seuls 96 ont été conservés, les 160 restant étant considérés

comme du bruit. Le contraste de stimulation était de 2,8%, c'est à dire un niveau proche de la limite de perception visuelle.



a b  
c

figure IV :

- a) moyenne obtenue avec rejet
- b) moyenne obtenue sans rejet
- c) moyenne des signaux rejetés

## CONCLUSION

Les résultats présentés montrent qu'il est possible de modéliser les réponses Laplaciennes élémentaires à partir de fonctions Gaussiennes de manière suffisamment simple pour permettre un traitement en temps réel sur un micro-ordinateur.

Le principal avantage de la méthode est la définition d'un critère de rejet des signaux trop bruités. Ceci permet d'augmenter considérablement l'amplitude du potentiel moyen en réduisant parallèlement le nombre de stimulations nécessaires, surtout pour des enregistrements présentant un très faible rapport signal à bruit, en particulier lorsqu'ils sont obtenus à partir de contrastes de stimulation très faibles.

La méthode est cependant limitée par la détection du pic principal de la réponse Laplacienne. Cette détection est pour l'instant empirique et s'effectue en déterminant la position du minimum dans une zone réduite autour de la position moyenne de ce pic. La qualité du modèle en dépend fortement. Il sera donc nécessaire d'introduire une notion de probabilité de présence pour la détection de ce pic, en affinant



la courbe de probabilité au fur et à mesure du traitement successifs des signaux de réponse.

### **BIBLIOGRAPHIE**

- NUNEZ, P., 1981,  
Electric field of the brain.  
Oxford University Press.
- WOODY C.D., 1969,  
Characterization of an adaptive filter for the analysis  
of variable neuroelectric Signals.  
Med. and biol. Engng., vol 5 : 539-553.