

TD de traitement du signal

(Localisation de sources de courant intracérébral en EEG)

L1 MIEE option électronique

Laboratoire LTSI - UMR INSERM 642 - Université de Rennes 1

Exercice 1

Dans le cas d'épilepsies pharmaco-résistantes, le traitement chirurgical est à envisager afin de guérir le patient. Le neurologue procède alors à une série d'examen cliniques visant à identifier la région corticale épileptogène. Après une batterie de tests, il décide de ne retenir que deux régions susceptibles d'avoir une activité électrique épileptique et d'être donc la cause du mal du patient. Notons θ_1 et θ_2 les positions respectives de ces deux régions corticales. Par résolution des équations de Maxwell (forme quasi-statique des équations) dans la tête, on dispose alors des vecteurs de transfert $\mathbf{a}(\theta_1)$ et $\mathbf{a}(\theta_2)$ des dipôles de courant situés respectivement à la position θ_1 et θ_2 de la surface du cerveau vers les électrodes EEG de scalp. Le neurologue décide de n'utiliser que trois électrodes, une au-dessus de chaque région corticale plus une au sommet de la tête. Il obtient alors $\mathbf{a}(\theta_1) = [1, 2, 3]^T$ et $\mathbf{a}(\theta_2) = [2, 3, 4]^T$. En outre, le signal EEG issu des trois électrodes à l'instant de mesure t_1 , vaut $\mathbf{x}(t_1) = [4, 6, 8]^T$. Laquelle des deux régions corticales retenues est la région épileptogène ?

Exercice 2

Suite à un examen neurologique préliminaire, le médecin d'un patient épileptique parvient à ramener à quatre le nombre de régions cérébrales du patient qui pourraient être à l'origine de la maladie. Il sait par ailleurs qu'une seule de ces régions est à l'origine de la maladie.

Le médecin décide alors de réaliser un EEG du patient afin de déterminer avec plus de précision l'origine de la maladie. Il dispose quatre capteurs EEG sur la tête du patient et recueille à trois instants, différentes mesures électriques de scalp, obtenant ainsi les vecteurs d'observations suivants $\mathbf{x}(t_1) = [1, 1, 2]^T$, $\mathbf{x}(t_2) = [0.255, 0.255, 0.51]^T$ et $\mathbf{x}(t_3) = [0.12, 0.10, 0.24]^T$. Il sait que chaque vecteur d'observations $\mathbf{x}(t)$ suit exactement le modèle suivant $\mathbf{x}(t) = \mathbf{a}(\theta_{p\theta}) s_p d(t)$ où $\mathbf{a}(\theta_{p\theta})$ est le vecteur de transfert de taille (3×1) entre le dipôle de courant épileptique situé à la position $\theta_{p\theta}$ du cortex du patient et les quatre capteurs disposés sur sa tête. Le vecteur de transfert $\mathbf{a}(\theta_1)$ associé à la première zone cérébrale est donné par $\mathbf{a}(\theta_1) = [0.25, 0.25, 0.6]^T$, celui associé à la seconde région cérébrale est donné par $\mathbf{a}(\theta_2) = [0, 0.5, 0]^T$. On a également $\mathbf{a}(\theta_3) = [2, 1, 1]^T$ et $\mathbf{a}(\theta_4) = [3.11, 3.11, 6.22]^T$.

- 1) Deux électrodes semblent lors d'un des trois instants de mesures présenter une défaillance : déterminer l'instant dont il s'agit et expliquer quelles sont les deux électrodes en questions.
- 2) Soient $\mathbf{u}$ et $\mathbf{v}$ deux vecteurs de dimension 3, que représente la fonction suivante :

$$\Psi(\mathbf{u}, \mathbf{v}) = \frac{|u_1 v_1 + u_2 v_2 + u_3 v_3|}{\sqrt{(u_1)^2 + (u_2)^2 + (u_3)^2} \sqrt{(v_1)^2 + (v_2)^2 + (v_3)^2}}$$

- 3) La région cérébrale à l'origine de la maladie du patient est-elle située en θ_1 , θ_2 , θ_3 ou θ_4 ? Justifiez votre réponse tout d'abord en utilisant la fonction définie précédemment, puis sans l'utiliser.

Exercice 3

Soit le modèle d'observation $\mathbf{x}(t) = \mathbf{a}(\theta_{p\theta}) s_{p\theta}(t)$, étant donnés les vecteurs $\mathbf{x}(t)$ et $\mathbf{a}(\theta_{p\theta})$, expliquez de quelle manière il est possible d'en déduire la valeur de $s_{p\theta}(t)$. On pourra utiliser le fait que la norme d'un vecteur est nulle si et seulement si le vecteur en question est lui-même nul et minimiser ainsi la norme de la différence $\mathbf{x}(t) - \mathbf{a}(\theta_{p\theta}) s_{p\theta}(t)$ par rapport à $s_{p\theta}(t)$. Dans quelle circonstance cette solution doit-elle être préférée à la solution consistant à écrire $s_{p\theta}(t) = x_1(t)/a_1(\theta_{p\theta})$ ou même $s_{p\theta}(t) = (1/N) \sum_n (x_n(t)/a_n(\theta_{p\theta}))$?