

Localisation d'activité intracérébrale à partir d'électrodes de surface (introduction)

ESIR 2 option Ingénierie Biomédicale

Université de Rennes1

1 Introduction

L'épilepsie est une pathologie neurologique complexe, caractérisée par la répétition de crises qui vont fortement altérer la qualité de vie des patients, surtout lorsqu'elles résistent aux traitements médicamenteux (épilepsie pharmaco-résistante). Elle est l'expression d'un fonctionnement anormal de l'activité électrique du cerveau. L'épilepsie est l'une des premières causes d'hospitalisation en neurologie (après l'accident vasculaire cérébral) et le trouble neurologique du cerveau le plus courant, indépendamment de considérations d'âge, d'origine ethnique, ou de région géographique. En présence d'épilepsie pharmaco-résistante (environ 30% des épilepsies), une approche chirurgicale peut être envisagée afin de réaliser une ablation de la zone épileptogène du cerveau. D'où la nécessité de localiser avec précision cette zone. Nous étudierons lors de ce TP une méthode de localisation à partir de mesures ElectroEncéphaloGraphiques (EEG) de surface et non de profondeur.

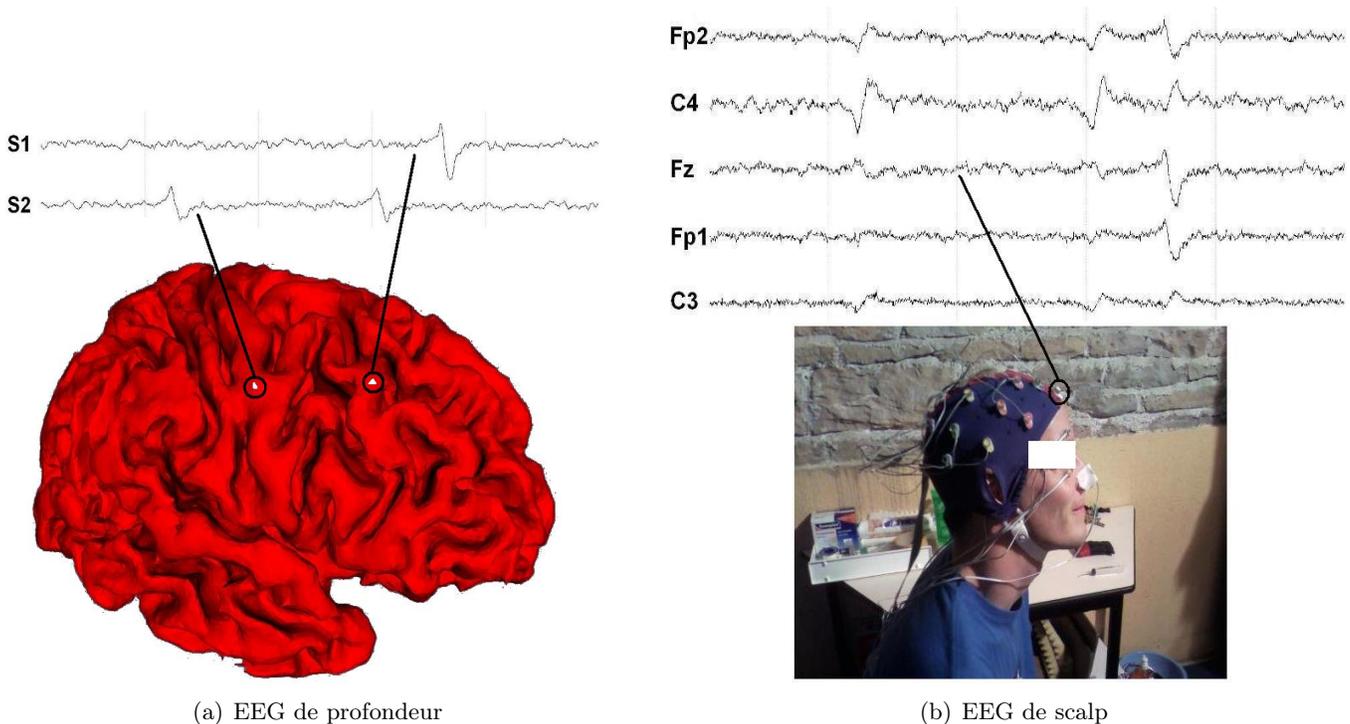


Figure 1: Mesure de l'activité ElectroEncéphaloGraphique (EEG)

2 Formulation du problème

Nous allons dans le cadre de ces trois séances de TP implémenter et évaluer la méthode de location de sources de courant intracérébral étudiée en cours. Introduisons quelques notations afin de formaliser mathématiquement le problème de localisation de dipôles électriques à partir d'EEG de scalp. Nous prendrons la convention de noter les vecteurs en gras minuscule (\mathbf{v}), les valeurs scalaires en minuscule non gras (v), les variables en italique (v) et les constantes en non italique (v). Ainsi, nous allons noter :

N : nombre d'électrodes de scalp (ici $N=7$)

P : nombre de sources (ici $P = 2$)

T : temps d'observation (ici $M = 10000$)

$\boldsymbol{\rho}_p$: vecteur de position du p -ième dipôle de taille (3×1)

$\mathbf{a}(\boldsymbol{\rho}_p)$: vecteur de transfert entre le dipôle épileptique de position $\boldsymbol{\rho}_p$ et les électrodes de surface

$\mathbf{A}(\boldsymbol{\Theta}^{(e)})$: matrice de taille ($N \times P$) modélisant le transfert entre les P dipôles épileptiques et les électrodes de surface (avec $\boldsymbol{\Theta}^{(e)} = [\boldsymbol{\rho}_1, \boldsymbol{\rho}_2]$)

$\mathbf{x}[m] = [x_1[m], x_2[m], \dots, x_N[m]]^\top$: vecteur des observations EEG de surface à l'instant m de taille ($N \times 1$)

\mathbf{X} : matrice de taille ($N \times M$) contenant les N mesures d'EEG à M instants de mesure

$s_p[m]$: activité électrique du p -ième dipôle à l'instant m

\mathbf{S} : matrice de taille ($P \times M$) contenant l'activité électrique des $P = 2$ dipôles épileptiques à M instants de mesure

Ainsi, le problème de localisation dipolaire introduit dans la section précédente peut être énoncé sous la forme

Problème 1 *Supposons donnée la matrice \mathbf{X} , vérifiant le modèle $\mathbf{X} = \mathbf{A}(\boldsymbol{\Theta}^{(e)}) \mathbf{S}$, identifier la matrice $\boldsymbol{\Theta}^{(e)}$ de position des sources épileptiques.*

3 Travail préliminaire à effectuer avant la séance de TP

Au cours de ces trois séances de TP, nous utiliserons le logiciel MATLAB (MATrix LABoratory) qui permet de faire du calcul matriciel. Dans un premier temps, nous nous familiariserons avec le logiciel à partir d'exemples simples. Un certain nombre de fonctions MATLAB seront nécessaires à la réalisation du TP. Pour comprendre le fonctionnement de ces différentes fonctions, il vous suffit de taper "help *nomDeLaFonction*" dans la fenêtre "command window" du logiciel.

3.1 Opérations sur les nombres

Utilisez les commandes MATLAB appropriées pour évaluer les expressions suivantes :

- $(\frac{163}{8} + 45 \times 7)^8$
- $\sin(\frac{\pi}{8})$
- e^π

Quel sera le résultat dans MATLAB de $2/3$ et $2\setminus 3$?

Assignez les valeurs 3 à a , 4 à b et -5 à c puis évaluez les expressions suivantes :

- $a(b + c)$
- a^b
- $\frac{c}{a+b}$

3.2 Opérations sur les vecteurs

Créez les vecteurs suivants dans MATLAB, en utilisant la manière la plus compacte possible :

- le vecteur contenant les entiers de 0 à 100
- $[0, 3, 6, 9, 12]$
- $[1, 8, 27, 64, 125, 216]$

Créez les vecteurs $\mathbf{a} = [0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4]$ et $\mathbf{b} = [10 \ 15 \ 20 \ 25 \ 30]$ puis déterminez les résultats des opérations suivantes. Vérifiez ensuite votre réponse avec MATLAB.

- $\mathbf{a}.^2$
- $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$
- $\mathbf{a} \setminus \mathbf{b}$
- $\mathbf{a} ./ \mathbf{b}$
- $5\mathbf{a}$
- $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$
- $\mathbf{a} \times \mathbf{b}'$

Calculez les termes de la suite $a_n = 2^n / \sqrt{n}$ pour $n = 1, \dots, 10$.

3.3 Opérations sur les matrices

Calculez le produit matriciel suivant $\mathbf{a}' \times \mathbf{b}$ et affectez le résultat à la matrice \mathbf{A} . De quelle taille est \mathbf{A} (utilisez la fonction "size" pour vérifier)? Calculer les valeurs singulières de \mathbf{A} (utilisez la fonction "svd"). Que remarquez-vous? Peut-on en déduire le rang de \mathbf{A} et son déterminant? Vérifiez votre résultat à l'aide des fonctions "rank" et "det". Ajoutez la matrice identité à \mathbf{A} et affectez le résultat à la matrice \mathbf{B} ? Si la matrice \mathbf{A} n'était pas inversible (rappelez en la raison), la matrice \mathbf{B} l'est-elle quant-à-elle? Calculez l'inverse de \mathbf{B} à l'aide de la fonction "inv" et vérifiez que le produit de \mathbf{B} et de son inverse vaut l'identité.

3.4 Chargement et représentation graphique de données matricielles

- Chargez le jeu de données dénommé "SEEG.mat" à l'adresse "perso.univ-rennes1.fr/laurent.albera/" dans l'onglet "Teaching" à la rubrique "ESIR 2" (indication : utiliser la fonction MATLAB "load").
- Affichez sur une même figure les deux lignes de la matrice \mathbf{S} (indication : utiliser les fonctions "figure", "subplot" et "plot").
- Mettez un titre à cette figure comme par exemple "Activités électriques intracérébrales" (indication : utiliser la fonction "title").

- Reformatez l'axe des abscisses (Ox) et des ordonnées (Oy), tels que : i) l'axe (Oy) aient des valeurs comprises entre la valeur minimale des composantes de \mathbf{S} et la valeur maximale de \mathbf{S} , et ii) l'axe (Ox) soit limité entre 1 et le nombre de colonnes de \mathbf{S} qui est de 10000 (indication : utiliser les fonctions "axis", "min" et "max").
- Affichez sur une deuxième figure les 1000 premières composantes de la première ligne de \mathbf{S} .