

**IEE3773 - Laboratorio de resonancia magnética**  
Estimación de deformaciones cardíacas usando tagging MRI<sup>1</sup>

### Objetivos

- Entender el comportamiento de la magnetización en imágenes de tagging MRI.
- Aprender a estimar la posición y deformación del tejido a partir de imágenes de tagging.

## 1. Tarea

Los DICOM entregados contienen imágenes de CSPAMM de un eje corto del corazón con líneas de tag en las direcciones X e Y. La expresión para la magnetización en este tipo de imágenes está dada por:

$$M_{\text{CSPAMM}}^{xy}(t) = a(t) \cos(k_e X(\mathbf{p}(t)))$$

donde  $a$  es una constante por pixel,  $k_e$  es la frecuencia de codificación espacial,  $X$  la posición del tejido en la dirección X al momento de la aplicación del prepulso y  $\mathbf{p}$  la posición del tejido en cualquier instante posterior. Considerando lo anterior se pide:

- (a) Para cada instante de tiempo, estime la posición  $\mathbf{X} = (X(\mathbf{p}), Y(\mathbf{p}))$  del tejido<sup>2</sup> (en caso de que la posición posea artefactos de wrapping no es necesario corregirlos).
- (b) El tensor de deformación de Euler  $\mathbf{e}$ , el cual representa los desplazamientos relativos del tejido, se define como:

$$\mathbf{e} = \frac{1}{2}(\mathbf{I} - (\nabla_{\mathbf{p}}\mathbf{X})^T \nabla_{\mathbf{p}}\mathbf{X})$$

donde  $\mathbf{I}$  es la identidad y  $\nabla_{\mathbf{p}}$  representa el operador gradiente con respecto a la posición  $\mathbf{p}$  del tejido.

Estime el tensor  $\mathbf{e}$  a partir de los resultados obtenidos en la pregunta (a) y muestre cada componente del tensor en una fase cardíaca en la que las deformaciones sean máximas.<sup>3</sup>

- (c) Dados los vectores unitarios  $\boldsymbol{\lambda}_R$  y  $\boldsymbol{\lambda}_C$  apuntando en la dirección radial y circunferencial respectivamente, las componentes radial y circunferencial del tensor  $\mathbf{e}$  se pueden estimar como:

$$e_{RR} = \boldsymbol{\lambda}_R \cdot \mathbf{e} \boldsymbol{\lambda}_R$$

$$e_{CC} = \boldsymbol{\lambda}_C \cdot \mathbf{e} \boldsymbol{\lambda}_C$$

Estime  $e_{RR}$  y  $e_{CC}$  y muestre sus resultados para la misma fase cardíaca utilizada en (b) (para la definición de los vectores  $\boldsymbol{\lambda}_R$  y  $\boldsymbol{\lambda}_C$  defina el origen de su sistema coordenado en el centro del ventrículo izquierdo utilizando la primera fase cardíaca).

---

<sup>1</sup>Osman et al (1999). Cardiac motion tracking using CINE harmonic phase (HARP) magnetic resonance imaging. MRM.

<sup>2</sup>Escriba la función coseno utilizando exponenciales complejas y mire la transformada de Fourier de la imagen (y mire la referencia.)

<sup>3</sup>Para estimar  $\nabla_{\mathbf{p}}\mathbf{X}$  revise cómo se calcula el gradiente de la fase armónica en el artículo de Osman.

- (d) Divida el ventrículo izquierdo en siete segmentos y estime las deformaciones regionales de cada segmento<sup>4</sup> como una función del tiempo<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup>La deformación regional por segmento se define como el valor medio de las deformación locales.

<sup>5</sup>En este caso se debe segmentar el ventrículo izquierdo para todas las fases cardíacas.