

TP2-IRM –Déroulement TP

I. Anatomie du cerveau sur une image de référence

- 1-Ouvrir le **logiciel ImageJ** en raccourci sur le bureau
- 2-Ouvrez l'image « brain » dans le dossier pcem2 (raccourci sur le bureau)

Reconnaître sur l'image de référence les éléments suivants :

- la substance grise (SG)
- la substance blanche (SB)
- le liquide cérébro-spinal (LCS)

II. Analyse du TE et TR

Dans la séquence spin-écho, 2 paramètres permettent de modifier le contraste en T_1 , T_2 ou ρ :

- le temps d'écho (TE), qui détermine le moment où le signal est mesuré (sur la courbe de décroissance en T_2).

- le temps de répétition (TR), qui détermine le niveau de récupération de l'aimantation longitudinale, et donc du signal disponible.

Nous allons voir dans ce TP, comment le contraste de l'image est modifié, en fonction du TE et du TR choisis.

L'intensité du signal (S) est reliée aux temps TE et TR et à la densité de protons (ρ) par la relation suivante :

$$S = \rho \left(1 - e^{-\frac{TR}{T_1}}\right) e^{-\frac{TE}{T_2}}$$

Le cerveau est pour cela un bon exemple car ses constituants possèdent des temps de relaxation très différents (Tableau ci-contre) à 1,5T

Eléments	Densité de protons (%)	Temps de relaxation T1 (ms)	Temps de relaxation T2 (ms)
Graisse sous-cutanée	80	280	50
Substance Blanche	54	700	70
Substance Grise	62	1000	100
Oedeme	77	1300	130
Liquide Cérébro-Spinal	89	2500	250
Eau	100	3000	3000

II-1. Effet du TR

A l'aide d'image J, ouvrir les fichiers :

- **Te20ms**, qui vous montre l'évolution du signal au cours de la séquence spin-écho, pour différents tissus
- **Te20ms_brain_image**, qui vous montre les images obtenues à l'aide des paramètres (TE,TR) choisis.

Dans cette série, on a fixé le TE à un temps court (20 ms) et fait évoluer le TR en prenant

- 1- un TR court (250-500 ms)
- 2- un TR intermédiaire (1000 ms)
- 3- un TR long (> 2500 ms [max 5000 ms])

1- A quoi correspondent les différents niveaux de gris sur l'image IRM ?

2- Quand le signal est-il recueilli ?

3- Compléter le tableau suivant :

	Zone blanche	Zone noire	Pondération ?
TR court (250-500 ms)			
TR intermédiaire (500-1000 ms)			
TR long (> 3000 ms)			

4- Expliquer les contrastes observés sur les images (Te_20ms_brain_image) à l'aide des courbes du signal (Te_20ms)

Pour cela comparer par exemple le signal de la substance blanche et la substance grise

II-2. Effet du TE

A l'aide d'image J, ouvrir les fichiers :

- **Tr3500ms**, qui vous montre l'évolution du signal au cours de la séquence spin-écho, pour différents tissus

- **Tr3500ms_brain_image**, qui vous montre les images obtenues à l'aide des paramètres (TE,TR) choisis.

Dans cette série, on a fixé le TR à un temps long (3500 ms) et augmenté progressivement le TE (de 9 ms à 300 ms)

5- Expliquer les contrastes observés sur les images (Te_3500ms_brain_image) à l'aide des courbes du signal (Te_3500ms).

Repérez notamment pour quels paramètres (TE, TR), on a :

- une pondération en Densité de protons
- une pondération T2

6- Repérer les courbes du signal pour la substance grise et la graisse.

- Donner la valeur de TE pour laquelle :

- a- Il n'est plus possible de différencier la substance grise de la graisse
- b- La graisse est en hypersignal par rapport à la substance grise
- c- La graisse est en hyposignal par rapport à la substance grise

II-3. Bilan des valeurs de TE/TR pour pondérer la séquence en T1, T2 et densité de protons

7-Faire un tableau bilan qui montre la pondération T1, T2, et densité de protons en fonction de TE et TR.

	Te<<T2	Te>>T2
Tr<<T1		
Tr>>T1		

III-Localisation en IRM et reconstruction de l'image

III-1. Principe de la transformée de fourier pour l'IRM

Nous allons analyser plus en détail le principe de la transformée de fourier.

Cette partie du TP se fera à l'aide du logiciel imageJ installé sur vos ordinateurs. Vous trouverez un mode d'emploi résumant les fonctions utiles pour ce TP à côté de chaque poste. Les images dont vous aurez besoin se trouvent à l'emplacement :
C:\TP pcem2\partie fourier

Principe

La **transformée de Fourier** peut être employée pour décrire des **images**. L'image est alors codée en fréquences suivant les directions x et y (noté k_x et k_y dans le plan de Fourier plutôt qu'en coordonnées x,y).

Pour décomposer une **image en 2 dimensions**, on effectue une **transformée de Fourier 2D**. La **première étape** de la transformée de Fourier 2D consiste à appliquer une **transformée de Fourier 1D dans une première direction** (par exemple ligne par ligne, **axe des x**).

III.1.1. Fourier 1D

Utiliser l'exécutable « **1d_fast_Fourier_transform** » (dans dossier fourier 1D) pour analyser l'évolution de l'intensité le long d'une ligne de l'image dans le domaine spatial et dans le domaine fréquentiel.

- Choisir d'abord « horizontal sines ». **Retrouver ainsi la relation entre domaine spatial et domaine fréquentiel.**
- Faire la même chose avec « spreading sine » et **observer l'évolution en fréquence en fonction de la ligne de l'image analysée.**
- Choisir ensuite « step function ». **Commenter l'analyse dans le domaine fréquentiel**
- Choisir ensuite « Mandrill », puis « bruit blanc ». **Commenter l'analyse dans le domaine fréquentiel**

III.1.2. Fourier 2D

La **deuxième étape** de la transformée de Fourier 2D consiste à appliquer une **nouvelle transformée de Fourier 1D, selon la deuxième direction** cette fois ci (colonne par colonne, c'est-à-dire selon l'**axe des y**).

Le **résultat** de la transformée de Fourier 2D d'une image est le plan de Fourier, que l'on représente de façon graphique.

Faire la transformé de Fourier 2D sur l'ensemble de l'image « brain » à l'aide du logiciel ImageJ (Process → FFT → FFT)

Pour mieux vous rendre compte de l'information contenue dans les basses (centre du plan de Fourier) et hautes (bords du plan de Fourier) **fréquences spatiales** :

- Garder seulement les basses fréquences (= centre du plan de Fourier)¹ et faire la transformée de fourier inverse
- Repartir de la transformée de fourier de départ, garder seulement les hautes fréquences (= périphérie du plan de Fourier), et faire la transformée de fourier inverse.

¹ Sur le logiciel image J :

- mettre en noir = les données qu'on supprime (color picker : choisir (0,0,0) puis sélectionner la zone à filtrer : Edit → Fill)
- mettre en blanc = les données que l'on garde (sélectionner la zone à garder : Edit → Clear)

**Q : Quelles sont les fréquences spatiales les plus importantes pour la restitution de cette image ?
Que se passe-t-il si vous supprimer les hautes fréquences ? Les basses fréquences ?**

- faire la même chose avec une des 2 images pathologiques (« brain patho ischemie t2 » ou « brain patho 2 angiopathie amyloide »).

Q : Dans quelle partie du plan de fourier est contenue l'information qui sera utile pour le diagnostic ?

III.1.3. Application aux images IRM

Le signal enregistré lors d'une séquence d'IRM est stocké dans l'espace de Fourier (souvent appelé l'espace K). Il suffit donc d'appliquer une **transformée de Fourier 2D inverse** sur l'espace K pour obtenir une image de la coupe du corps humain correspondante.

Nous allons voir dans ce TP un exemple avec l'image obtenu par IRM d'une tête en coupe sagittale.

- 1) Ouvrir l'image sagittal_brain
- 2) Faire la transformée de fourier de l'image (c'est ce qu'on obtient au départ à partir du signal IRM).
- 3) Sélectionner différentes régions de la transformée de Fourier (l'espace des k).
- 4) Faire la transformée de Fourier inverse.

Q : Analyser l'image obtenue et faire une représentation schématique sur votre feuille de réponse

III.2. Utilisation de la transformée de Fourier pour supprimer des artefacts

En manipulant les informations contenues dans l'espace de Fourier, il est aussi possible de supprimer des artefacts, comme le mouvement par exemple.

Un exemple a été « fabriqué » pour le TP. Il ne représente pas tout à fait la réalité, mais permet de vous faire comprendre le principe.

- A l'aide du logiciel image J à nouveau, ouvrir l'image dans le dossier analyse artefact mouvement/ Motion Blurred_brain sagittal et effectuer la transformée de fourier de cette image
- Faire la même chose avec les images PSF_blur et sagittal brain.

- 1- Que constatez-vous ?**
- 2- Comment peut-on supprimer cet artefact ?**