

5ETI - IMI – Imagerie médicale

TP d'IRM

Eric Van Reeth

Kevin Tse Ve Koon

OBJECTIF. Ce TP consiste à mettre en pratique les notions de base d'IRM vue en cours grâce à un **simulateur d'images IRM appelé ODIN**. Il permet de simuler toute la chaîne d'acquisition en tenant compte des propriétés de l'IRM, de l'échantillon et de la séquence choisie pour acquérir le signal. Il permet enfin de reconstruire les images à partir de l'échantillonnage réalisé dans l'espace des k .

MISE EN PLACE. Ce TP s'effectue en binôme, indifféremment sous Windows ou Linux. Pour lancer ODIN sous Windows, taper ODIN directement dans la barre de recherche du menu *Démarrer*. Sous Linux (Ubuntu), lancer ODIN en ligne de commande. Télécharger les séquences ainsi que les échantillons (*samples*) fournis avec le TP dans un dossier bien identifié.

ÉVALUATION. Un **compte-rendu au format pdf** sera demandé par binôme, dans lequel vous inclurez les réponses détaillées aux différentes questions, **dans un délai d'une semaine après la dernière séance de TP**. Vous ajouterez également les images/schémas/courbes qui vous paraissent pertinents pour l'évaluation de votre travail.

1 Identification des paramètres utiles à la simulation

ODIN permet de simuler une expérience IRM avec la possibilité de faire varier les propriétés de l'échantillon, de la machine, de la séquence et de leurs imperfections respectives.

1. Donnez les caractéristiques propres à l'échantillon imagé, sur lesquelles l'utilisateur n'a aucun impact.
2. Donnez les caractéristiques propres à l'IRM (caractéristiques matérielles).
3. Donnez les paramètres clés d'une séquence IRM sur lesquels l'utilisateur peut jouer pour modifier les propriétés de l'image acquise.

2 Prise en main d'ODIN

Une fois l'interface graphique d'ODIN lancée, différentes icônes sont disponibles (également situés dans le menu *Action*) :

- Éditer/ouvrir une séquence
- Compiler la séquence courante pour valider les modifications effectuées
- Réglage de la géométrie de l'acquisition (champ de vue, plan d'acquisition, ...) et choix de l'échantillon sur lequel la simulation sera effectuée
- Visualiser le chronogramme contenant l'enchaînement temporel des éléments de la séquence
- Visualiser le parcours de l'espace des k
- Lancer la simulation pour obtenir l'image simulée

Actions à réaliser pour l'acquisition d'une première image et valider votre installation/configuration :

1. Identifiez les actions citées plus haut dans l'interface graphique
2. Dans le menu *Preferences* → *System*, régler les caractéristiques de l'IRM telles que : $B_0 = 3\text{ T}$, $G_{\max} = 40\text{ mT m}^{-1}$, Vitesse de montée de gradient $200\text{ mT m}^{-1}\text{ ms}^{-1}$
3. Ouvrir la séquence *odingrech2D.cpp* fournie avec le TP :
 - Changer les paramètres *MatrixSizeRead* et *MatrixSizePhase* à 32
 - Lancer la simulation de la séquence
 - Laisser les paramètres proposés par défaut et choisir l'échantillon nommé *3circ_64x64.smp* (fourni avec le TP)

3 Acquisitions 1D

Ouvrez la séquence *odinonep.cpp*. Sélectionner le mode FID dans le panneau de droite, et choisir :

- $TR = 2\text{ s}$

- *Flipangle* = 45°
- *AcqSweepWidth* = 3 kHz (correspondant à la fréquence d'échantillonnage lors de l'acquisition du signal)
- 512 échantillons
- Nombre de répétitions = 4
- *GradientIntro* = No
- *RFSpoiling* = No

Dans un premier temps, étudions les caractéristiques de l'impulsion d'excitation (B_1).

1. Chargez le fantôme *p0_12.smp* pour réaliser les actions suivantes, et adapter le champ de vue en lecture et en phase au fantôme (*FOVread* et *FOVphase* = 20 mm).
2. Dans le chronogramme de la séquence : Action → Plot Sequence (Eddy current amplitude and Time à 0) localiser l'impulsion radiofréquence B_1 . Donnez sa durée et son amplitude (avec les bonnes unités).
3. Changer l'angle de bascule (*FlipAngle*) à 90° : quelle est la répercussion sur l'impulsion ?
4. Étant donnée la formule suivante : $\theta = \gamma \int_0^\tau B_1(t) dt$, avec θ l'angle de bascule (en radian) de l'aimantation, $\gamma = 267.513 \times 10^6 \text{ rad s}^{-1} \text{ T}^{-1}$, le rapport gyromagnétique de l'hydrogène, et τ la durée de l'impulsion, vérifier les amplitudes de B_1 mesurées.

Passons maintenant à l'étude du signal généré.

5. Observer le signal simulé (Action → Simulate) à chaque TR dans la fenêtre *Sequence plot* générée. Expliquer l'allure du signal et le phénomène physique en jeu. Noter l'amplitude du premier point.
6. Baisser le TR autour de 200 ms et observez l'évolution de l'amplitude maximale du signal à chaque TR. Donnez l'origine de ce phénomène.
7. Combien de temps dure la fenêtre d'acquisition ? Comment retrouver cette durée à partir des paramètres d'acquisition ?

On choisit maintenant un autre échantillon *p0_12_inh1.smp* qui simule des inhomogénéités du champ statique B_0 .

8. Lancer la simulation en repassant à un $TR = 2\text{ s}$ et un angle de bascule à 45°. Qu'observez-vous ?
9. Toujours sur le fantôme *p0_12_inh1.smp*, passez en mode Spin-Echo (dans le panneau de droite). Quel élément a été rajouté à la séquence ? Quel phénomène cet élément permet-il de corriger ?
10. Lancer la simulation en mode Spin-Echo. Commenter les différences d'allure et d'amplitude du signal entre les modes FID et Spin-Echo.

4 Écho de gradient 2D

Chargez maintenant la séquence d'écho de gradient : *odingrech2D.cpp*.

1. Charger dans *Geometry* l'échantillon *3circ_64x4.smp*. Mettre les paramètres suivants :

- *FOVread* et *FOVPhase* = 320mm (*offsetRead*=0),
- *MatrixSizePhase* = 1
- *MatrixSizeRead* = 128
- *AcqSweepWidth* = 200 kHz
- *TR* = 2 s

Lancez la simulation. Comment expliquez-vous le profil obtenu ?

2. Simuler ensuite, pour le même échantillon, la séquence avec les paramètres suivants :

- *MatrixSizeRead* = 64, *MatrixSizePhase* = 64
- *TR* = 1 s
- *NumofRepetition* = 1
- *T1Ernst* = 1000 ms donnant *FlipAngle*=68°
- *AcqSweepwidth* = 10 kHz

Retrouvez sur le chronogramme obtenu l'élément qui permet de générer l'écho de gradient.

3. Observer comment varie l'amplitude du signal au fur et à mesure des TR et faites le lien avec les propriétés de l'espace des k (Fourier). Penser à faire un *autoscale* X et Y (click droit) pour afficher l'ensemble du chronogramme.
4. Toujours à partir de la séquence *odingrech2D.cpp*, sélectionnez une matrice d'acquisition de 64×64 . Sélectionnez le fantôme *Brain128x128.smp*, sélectionnez un FOV de 130 mm en lecture et 200 mm en phase. Lancer la simulation. Quel artefact observez-vous ? Expliquez son origine.

5 Écho de spin 2D

Chargez maintenant la séquence *odinrare_TP.cpp*, pour l'échantillon *3circ_64x4.smp*. Fixer les paramètres suivants :

- *MatrixSizeRead* = 64, *MatrixSizePhase* = 64
- *Repetition Time* = 4 s
- *NumofRepetition* = 1
- *FlipAngle* = 90°
- *PhaseEncoding* = CenterOut
- *NumofSegments* = 64

- *SpoilerDuration* = 0
- *SpoilerStrength* = 0

1. Ce type de séquence est très souvent utilisé pour réaliser une pondération T_2 des images. Justifier le choix du TR imposé.
2. Étudier l'impact du changement de *AcqSweepWidth* sur le temps d'écho calculé. On utilisera ce paramètre pour faire varier le TE.
3. Lancer la simulation pour TE = 80 ms, et classer les échantillons par ordre de T_2 .
4. À partir de la formule de la décroissance de l'aimantation transverse en fonction de T_2 , proposer une méthode qui permet d'estimer les valeurs des T_2 de chaque échantillon. Sachant que les 3 échantillons ont une densité de proton équivalente, donner les valeurs de T_2 estimées.