

Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)

*Chrit Moonen, Résonance Magnétique des Systèmes Biologiques,
Université Victor Segalen, Bordeaux*

Malgré sa jeunesse (l'invention de l'IRM a été publiée en 1973) et son coût (une IRM haut de gamme vaut plus que 1 million €), l'IRM a déjà acquis un rôle très important dans l'imagerie médicale. Par exemple, l'IRM est devenu la méthode d'imagerie de choix pour toutes les maladies neurologiques. La croissance de nombre d'appareils IRM reste très élevée. Plusieurs atouts sont à la base de ce succès : 1) La nature non-invasive de la méthode; 2) un contraste excellent pour les tissus mous grâce aux temps de relaxation T1 et T2 et la densité des spins; 3) versatilité dans la modification du signal avec des agents de contraste ; 4) bonne résolution spatiale (de l'ordre de 1 mm) et temporelle (de l'ordre de 50 ms pour une seule coupe à quelques minutes pour les images 3D).

Bases physiques de l'IRM

Les spins nucléaires sont animés d'un mouvement de précession autour de l'axe principal du champ magnétique extérieur B_0 , cette précession s'effectue à la fréquence de Larmor ω ($\omega = \gamma B_0$). La Résonance Magnétique Nucléaire est produite quand le mouvement des spins est perturbé par une irradiation à la fréquence de Larmor. Le codage de l'espace est fondé sur l'utilisation de gradients du champ magnétique dans trois directions orthogonales. Pour l'imagerie médicale on utilise le plus souvent les signaux des spins des noyaux d'hydrogène contenus dans l'eau tissulaire.

De l'anatomie à la physiologie à la thérapie : développements récents et rôle de la physique

La poursuite de l'évolution de l'IRM est illustrée par les applications médicales récentes (ou potentielles) qui nécessitent souvent une approche interdisciplinaire et une adaptation spécifique des appareils IRM, des méthodes d'acquisition des données, et du traitement des données. Dans le domaine de l'imagerie physiologique, on peut souligner quelques exemples de ces nouveaux développements :

- a. Imagerie de ventilation pour la fonction pulmonaire
- b. Imagerie de perfusion et diffusion pour le diagnostic des accidents vasculaires
- c. Imagerie cardiaque (fonction du muscle cardiaque, imagerie des artères coronaires)
- d. Imagerie de l'activation cérébrale

Concernant les aspects thérapeutiques, deux thématiques majeures sont actuellement en plein essor: 1) La Thérapie Guidée par Imagerie et 2) Imagerie Moléculaire. Ils répondent à des questions de la société : i) comment améliorer la performance des méthodes thérapeutiques tout en limitant les coûts, et ii) comment traduire les progrès dans la compréhension du génome par des améliorations thérapeutiques. Le rôle central de la physique dans quelques projets multidisciplinaires sera illustré :

- e. Guidage des cathéters par IRM
- f. Les thémothérapies guidées par IRM
 - 1) IRM de température
 - 2) Les outils de chauffage contrôlés par IRM de température
 - 3) Thermo-ablation des tumeurs
 - 4) Thérapie génique : contrôle de l'expression transgénique

5) Dépôt local des médicaments

L'IRM s'est développée du diagnostic classique (l'anatomie) vers le diagnostic avancé (les processus dynamiques) et vers la thérapie guidée par l'imagerie. Les progrès les plus importants se trouvent dans les projets interdisciplinaires avec un rôle majeur de la physique, illustrés par les exemples ci-dessus. La multidisciplinarité nécessite une interaction forte avec les médecins et le développement d'un langage commun.