
Le principe de l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)

Jacques Felblinger

Unité IADI U1254 INSERM Université de Lorraine

Bâtiment recherche, CHRU de Nancy

j.felblinger@chru-nancy.fr

L'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) consiste à placer un patient dans un champ magnétique intense appelé B_0 (1,5T et 3T en clinique et 7T voire 11,7T pour la recherche). L'IRM utilise le fait pour une certaine fréquence, la fréquence de résonance (64MHz pour un champ de 1.5T et 128MHz pour 3T), il est possible de transmettre de l'énergie aux tissus contenant de l'eau. Cette énergie correspond à une onde radiofréquence appelée B_1 + délivrée par une antenne radiofréquence placée autour du patient. Cette énergie absorbée en partie dans le corps par les protons est ensuite restituée (relaxation) sous forme d'un très petit signal radiofréquence, appelé B_1^- qui est mesuré par la même antenne ou une autre antenne dédiée à l'organe étudié. Pour la création des images, des gradients de champs magnétiques sont ajoutés dans les 3 directions de l'espace. Ces gradients de champ magnétiques se superposent au champ statique B_0 . Une séquence IRM (programme informatique) pilote la création d'une image. Elle consiste à appliquer les impulsions radiofréquences, les gradients de champ magnétiques avec un timing très précis puis d'ouvrir le canal d'acquisition et ainsi d'acquérir une partie de l'information de l'image. Les phases excitation/ relaxation sont répétés avec quelques modifications pour obtenir une information complète et créer l'image finale. Il existe aujourd'hui de très nombreuses séquences à disposition des utilisateurs pour créer des contrastes différents ou pour optimiser le temps d'acquisition. Dans certains cas, un produit de contraste est utilisé pour mieux mettre en évidence une pathologie.

Concernant la sécurité des travailleurs et des patients, il faut prendre en compte l'ensemble des composants de l'IRM (B_0 , B_1 , Gradients et la séquence) et les champs magnétiques et électriques créés. Il faut donc prendre en compte les grandeurs telles que la conductivité, permittivité et la perméabilité (diamagnétique, paramagnétique et ferromagnétique) des tissus et des matériaux présents dans l'environnement IRM.

Le champ magnétique statique B_0 est toujours présent car la grande majorité d'IRM ($B_0 > 0.5T$) utilise la supraconductivité pour créer ce champ. Ainsi, même en cas de coupure de courant dans la salle IRM, le courant supraconducteur continu à circuler. Une procédure lourde est nécessaire pour injecter le courant dans la bobine B_0 afin d'atteindre le champ magnétique souhaité et également abaisser le champ magnétique et l'annuler. Une procédure d'urgence existe appelée QUENCH permet en cas d'urgence de passer rapidement B_0 à 0T. il s'agit d'un champ statique à 0Hz mais il ne faut pas oublier qu'il existe un gradient de champ magnétique hors du tunnel de l'examen. Dans la plupart des cas, les aimants sont autobloqués avec une bobine additionnelle qui a pour effet de réduire plus vite le champ magnétique à l'extérieur du tunnel. Un déplacement (quelques Hz) dans le champ statique et dans le gradient de champ statique correspond donc à une création d'une tension induite dans les tissus humains et les dispositifs conducteurs.

Ces gradients de champ sont commutés très rapidement (150 micro secondes correspondant à une fréquence de l'ordre de 10KHz). Pendant une séquence, il existe peu de temps sans gradient, ainsi le patient/travailleur est exposé continuellement à des variations de champs magnétiques créant des tensions induites dans les tissus et les dispositifs médicaux. L'IRM sera bruyante à cause des

gradients de champ magnétique. Il est donc nécessaire de prendre des précautions (bouchons, casques) pour éviter les dommages auditifs.

Le champ radiofréquence B1 est délivré par une antenne d'émission. La puissance à disposition sur les IRM cliniques peut atteindre 50kW. Il faut donc prendre en compte cette énergie radiofréquence en proposant des limites de puissance en W/kg comme pour un téléphone portable. Il est important de considérer les dispositifs médicaux conducteurs présents dans ce champ magnétique.

Pour la réception du signal, il existe de nombreux types d'antennes adaptés à l'organe exploré (tête, cou, abdomen, pelvis, membre, etc..). Ces antennes sont aujourd'hui en réseau avec 8-64 éléments. L'IRM est placé dans une cage de Faraday assurant un blindage radiofréquence pour ne pas perturber les mesures avec les ondes radiofréquences présentes dans l'environnement IRM.

Une variante de l'IRM permet l'analyse moléculaire de certains métabolites. Cette technique, la spectroscopie par résonance magnétique (SRM), utilisée en biologie et chimie est aussi utilisable en clinique.