

Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf
Faculté de Physique
Département de Génie Physique

Master I : Physique Médicale

Module : Bases de l'IRM

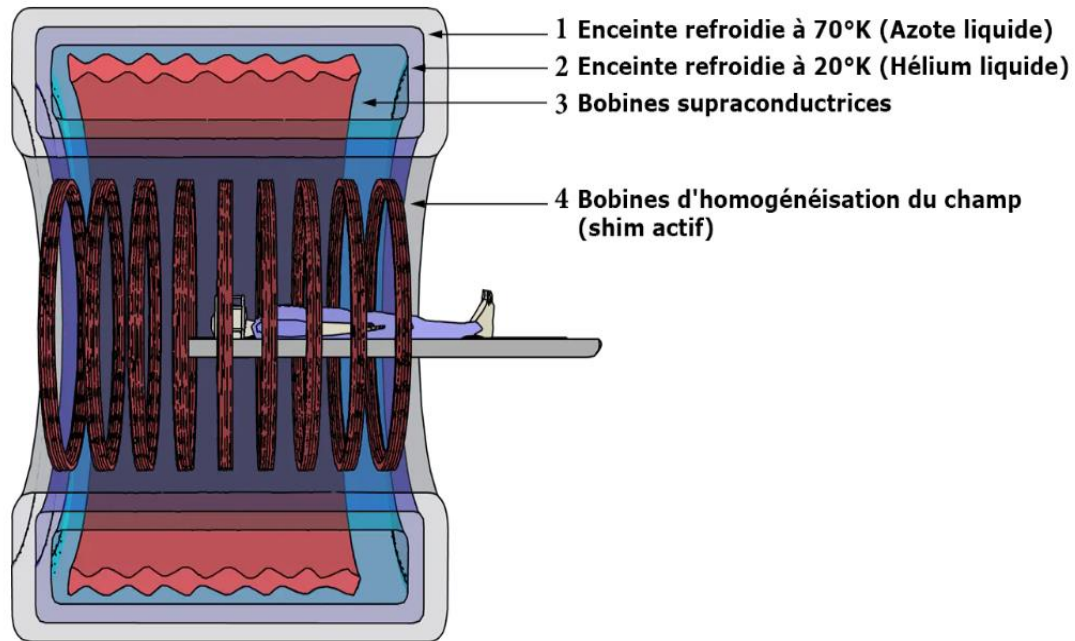
Instrumentation IRM et sécurité

1. Les types d'aimants :

L'aimant principal permet de créer le champ magnétique statique à l'origine d'une aimantation macroscopique mesurable.

C'est principalement le type et la forme de l'aimant principal qui vont déterminer la forme de l'IRM : IRM fermée de type tunnel ou IRM ouverte.

Les aimants les plus couramment employés sont **les électro-aimants supraconducteurs**. Ils sont constitués d'une bobine **rendue supraconductrice grâce à un refroidissement par hélium liquide, entouré d'azote liquide**. Ils permettent d'obtenir des **champs magnétiques intenses et homogènes** mais sont chers et doivent être entretenus régulièrement (recharge de la cuve d'hélium notamment).



Les aimants supraconducteurs disposent de systèmes de sécurité en cas de perte de la supraconductivité, associée à un échauffement et une évaporation rapide de l'Hélium liquide qui se transforme en un très grand volume d'Hélium gazeux (Quench) : conduite d'évacuation des gaz, surveillance du pourcentage d'oxygène et de la température dans l'enceinte de l'IRM, ouverture de la porte vers l'extérieur (surpression à l'intérieur de la salle). Il existe en effet un risque de brûlure par le froid et d'asphyxie en cas de Quench.

Ces aimants fonctionnent en permanence. Afin de limiter les contraintes d'installation de l'aimant, l'appareillage comprend un blindage passif (métallique) ou actif (bobine supraconductrice externe dont la direction du champ est opposée à celle de la bobine interne) pour limiter l'extension des lignes de champ magnétique vers l'extérieur.

Pour les IRM à bas champ, on utilise également :

- des électro-aimants résistifs, moins chers et d'entretien plus aisé que les aimants supraconducteurs, ils sont beaucoup moins puissants, consomment plus d'énergie et nécessitent un système de refroidissement.
- des aimants permanents, de forme variable, composés d'éléments métalliques ferromagnétiques. Ils ont l'avantage d'être peu coûteux et d'entretien facile, mais sont par contre très lourds et de faible intensité.

Afin d'obtenir un champ magnétique le plus homogène possible, il est impératif de réaliser un réglage fin de l'aimant ("**shimming**"), soit passif à l'aide de pièces métalliques déplaçables, soit actif grâce à de petites bobines électromagnétiques réparties dans l'aimant.

1.2 Les caractéristiques de l'aimant principal :

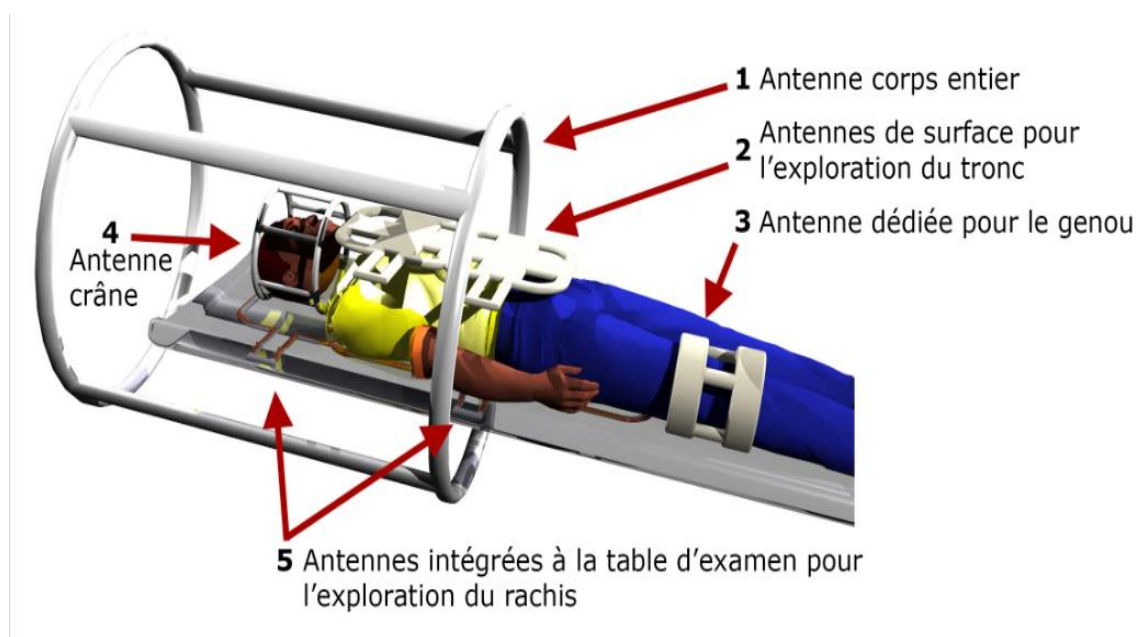
Les caractéristiques essentielles d'un aimant sont :

- son type, comme vu précédemment
- l'intensité du champ produit, mesurée en Tesla (T). En pratique clinique courante, **elle varie entre 0,2 et 3,0 T**. En recherche des aimants ayant des intensités de 7 T voire de plus de 11 T sont utilisés.
- son **homogénéité**

2. La chaîne radiofréquence :

La chaîne radiofréquence comprend l'ensemble des nombreux éléments participant à l'émission et à la réception des ondes radiofréquences, qui interviennent dans l'excitation des noyaux, la sélection des coupes, lors de l'application des gradients et pour l'acquisition du signal.

Les antennes sont un élément déterminant de la performance de la chaîne radiofréquence.



En émission, l'objectif est de délivrer une excitation uniforme dans tout le volume exploré. En réception, les antennes doivent être sensibles et avoir le meilleur rapport signal / bruit possible.

Une IRM contient en général une antenne "corps entier », située dans la coque de la machine et couvrant l'ensemble du volume de façon homogène.

Les antennes de surface ont un volume sensible plus restreint en profondeur et plus hétérogène, mais offrent un meilleur rapport signal / bruit et des possibilités d'imagerie à plus haute résolution car placées au contact de la zone d'intérêt. La combinaison d'antennes de surface en réseau phasé améliore l'homogénéité et le volume sensible des antennes tout en conservant l'avantage d'un meilleur rapport signal / bruit, au prix d'un traitement des signaux plus complexe. Les antennes en quadrature disposent de deux canaux perpendiculaires, ce qui permet d'obtenir une meilleure réception, et aussi d'optimiser l'émission RF et la dose d'énergie RF déposée dans le patient. En fonction des constructeurs et du type d'antenne, certaines antennes peuvent être émettrices, réceptrices ou les deux. La chaîne radiofréquence comprend également les convertisseurs analogique-digital et le spectromètre pour le recueil et l'analyse du signal.

2.1. Optimisation de la chaîne RF :

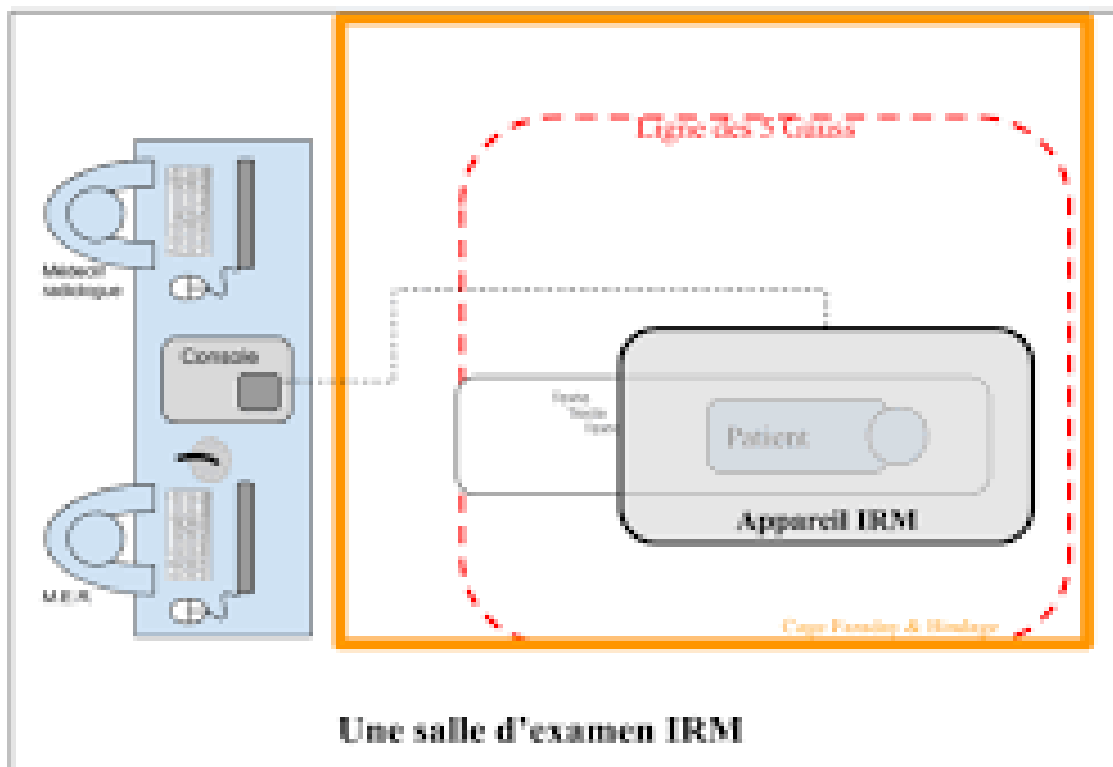
L'optimisation de la chaîne radiofréquence est réalisée en plusieurs étapes, de façon automatisée, avant d'effectuer une séquence d'imagerie :

- réglage de la fréquence de Larmor exacte, qui est légèrement modifiée du fait de la présence du patient dans le champ magnétique
- réglage de la puissance en émission, fonction du poids du patient et de l'antenne d'émission, afin d'obtenir les angles de bascule souhaités
- ajustement du gain en réception, pour éviter une saturation du signal ou à l'opposé, une mauvaise amplification responsable d'une dégradation du rapport signal / bruit.

2.2. La cage de Faraday :

La fréquence de résonance des protons étant très proche de celle des ondes utilisées pour la radiophonie publique et la bande FM, l'appareil d'IRM est placé dans une cage de Faraday pour l'isoler des signaux RF extérieurs qui pourraient altérer le signal.

La cage de Faraday, en cuivre, englobe complètement l'IRM. Les ouvertures au travers de cette cage doivent être étudiées de façon spécifique pour éviter d'annihiler l'efficacité du blindage.



Une salle d'examen IRM



3. L'informatique :

La coordination des différentes étapes de l'examen et des séquences, le spectromètre, la reconstruction des images et leur post-traitement sont contrôlés par un système informatique interne et par les consoles d'acquisition et de post-traitement.

La rapidité de traitement et l'ergonomie sont les critères de performance essentiels de l'équipement informatique d'un appareillage IRM.