

L'HISTOIRE DU DÉVELOPPEMENT DE L'IRM AU CHU DE GRENOBLE

Robert Allemand, Max Coulomb, Roger Gariod, Jean-François Le Bas, Corinne Mestais, Roger Sarrazin, Edmond Tournier.

Article publié en 2006 dans l'ouvrage qui accompagné l'exposition De la mesure à la robotique coordonnée par Roger Sarrazin et Sylvie Bretagnon au [Musée grenoblois des Sciences médicales](#). Recherches médicales et scientifiques au centre Hospitalier Universitaire de Grenoble.

C'est en 1952 que Félix Bloch et Edwards Mills Purcell obtiennent un prix Nobel pour avoir décrit le phénomène de la résonance magnétique nucléaire et son application reste dans le domaine de la Physique et de la Chimie. Le succès considérable du scanner X ouvre la voie aux développements d'autres méthodes de reconstruction d'images en coupes du corps humain à partir de mesures physiques répétées et repérées, spatialement : c'est ainsi que se développent l'échotomographie avec les ultrasons, la gamma tomographie avec les isotopes radioactifs, et l'imagerie par résonance magnétique (IRM) avec la résonance magnétique nucléaire. En 1973, Paul Lauterbur publie dans la revue « *Nature* » un premier article qui consacre l'idée de réaliser des images par RMN chez l'homme. Dès lors, le phénomène de résonance magnétique nucléaire s'applique alors principalement à l'imagerie médicale.

Un phénomène physique

C'est un phénomène physique qui concerne les aimantations des noyaux atomiques. Ces aimantations sont directement liées aux propriétés des protons qui composent pour partie ces noyaux atomiques. Le noyau d'hydrogène est l'un des éléments qui « résonne le mieux ». C'est heureux, car c'est aussi l'un des constituants majeurs de notre organisme (H_2O , CH_2 , CH_3 ,...). L'image de RMN à visée médicale est une image représentative de la distribution de l'eau de nos tissus et les contrastes obtenus dépendent de la quantité d'eau mais surtout de sa qualité : eau libre, eau liée, eau extra cellulaire, eau intracellulaire, eau intra vasculaire, et des paramètres qui en décrivent les mouvements à l'échelle élémentaire (diffusion, rotation, translation). Ces paramètres qui s'expriment à travers la mesure des constantes de temps de relaxation.

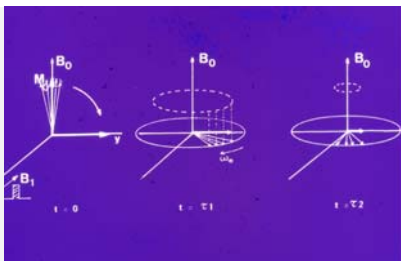


Figure 1

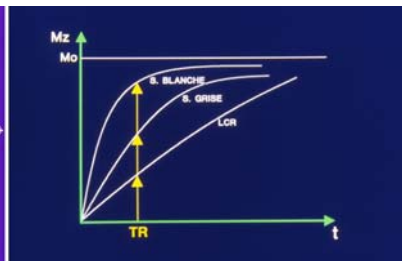


Figure 2

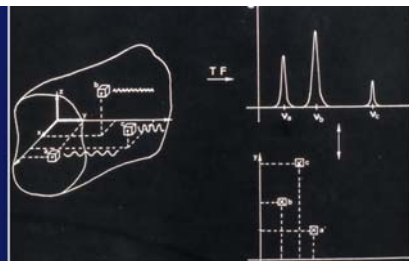


Figure 3

Légende

Figure 1 : Au repos, dans un champ magnétique B_0 , les aimantations élémentaires nucléaires précessent autour du champ B_0 à une vitesse angulaire caractéristique ω_0 . Leur résultante M_0 est aligné avec B_0 . Lors d'une excitation radiofréquence B_1 (ω_0) à la fréquence de résonance, l'aimantation M_0 est basculée d'un certain angle (90° sur le schéma par rapport à la direction d'application du champ B_1). Le retour à l'équilibre se caractérise par une remontée de la composante longitudinale à sa valeur de repos M_0 et une décroissance de la composante transversale liée au déphasage des aimantations élémentaires entre elles.

Figure 2 : Cette remontée de la composante longitudinale se fait de façon exponentielle avec des constantes de temps différentes pour les différents tissus. On appelle T1 cette constante de temps. Elle dépend de l'organisation de l'eau dans le tissu concerné. Plus le tissu est riche en eau plus T1 est long en général (T1 = 3 secondes pour l'eau pure, et T1 = 0,5 seconde à 0,8 seconde pour les tissus biologiques).

Figure 3 : Le principe de la construction de l'image RMN repose sur un codage de l'espace par le biais de champs magnétiques additionnels (gradients de champ) qu'on superpose au champ B_0 dans les directions X, Y, et Z. Les fréquences de résonance du noyau observé (celui d'hydrogène pour l'imagerie RMN) varient alors selon la valeur de ces champs additionnels, et on peut ainsi par le biais de la fréquence repérer la position.

Ces temps de relaxation (T1 et T2) sont accessibles à la mesure, après une excitation radiofréquence, transmise par une antenne qui va créer le phénomène de résonance, par l'observation à travers une autre antenne (ou cette même antenne) du retour à l'équilibre des aimantations (relaxation). Ce qui fait aujourd'hui le succès de cette imagerie c'est d'abord son extraordinaire capacité d'observer avec des contrastes différents, les tissus malades des tissus sains, et donc de détecter des anomalies ; c'est aussi le fait que cette technique soit totalement non invasive ce qui permet de répéter autant que de besoin les examens dans un cadre médical mais aussi dans un cadre de recherche.

Une collaboration entre les physiciens et les médecins.

A Grenoble, l'ouverture du CENG en 1954 et les travaux de Louis Néel¹ et son attribution d'un prix Nobel en 1970 inaugurent une tradition dans le domaine du Magnétisme. L'histoire du développement de l'Imagerie par résonance magnétique est le fait de compétences spécifiques mais aussi d'opportunités. Elle repose sur les liens qui existaient alors déjà entre notre établissement et son environnement scientifique, et s'est inscrite dans les suites de l'histoire du scanner X. Il est intéressant de noter d'ailleurs que dans les méthodes de reconstructions utilisées en scanner X comme dans les méthodes d'acquisition et de traitement des données utilisées en IRM, l'outil mathématique mis à l'honneur est la transformée de Fourier : fantastique outil que nous devons à Joseph Fourier qui, comme chacun sait, réalisa ces travaux à Grenoble.

Le développement de la RMN dans le domaine biomédical.

La prise en compte des possibilités de développement de la RMN dans le domaine biomédical débute en France en 1985: un groupe de travail est réuni au niveau national par Jean-Claude Bisconte, alors responsable du Génie Biologique et Médical à la Direction Générale de la Recherche Scientifique et Technique (DGRST). La représentation des grenoblois est déjà importante avec la présence de Alim-Louis Benabid, A .Chibon, Roger Gariod, Pierre Servoz-Gavin, et Michel Soutif. Suite à cette réunion, la DGRST confie à Pierre Servoz-Gavin (Responsable de Recherche au Département de Recherche Fondamentale du CENG) la présidence d'un « Comité National pour le développement des applications biomédicales de la RMN ». A partir de ce moment là, à Grenoble, plusieurs équipes se mettent au travail en collaboration avec les physiciens spécialistes de RMN ou des champs magnétiques :

- ✓ Le laboratoire de Médecine et Chirurgie expérimentales et comparées que dirigeait le Pr. A.L. Benabid avec Michel Decorps, Jean-Louis Leviel, et Jean-François Le Bas;
- ✓ Le laboratoire de physiologie animale – Pr André Rossi, Noel Lavanchy, Josette Martin;
- ✓ Le Laboratoire d'Électronique de Technologie de l'Information (LETI) avec Robert Allemand, Roger Gariod, Michel Laval, et A. Briguet
- ✓ Le département de Recherche fondamentale (DRF) avec Pierre Servoz-Gavin;
- ✓ Le **Service National des Champs Intenses (SNCI)**, laboratoire du CNRS, avec G. Aubert et J. Vallier.

Dès 1980, la **Compagnie Générale de Radiologie (CGR)** manifeste son intérêt pour cette nouvelle imagerie, et décide de s'y engager. Le Comité de coordination national de la DGRST (développer) envisage de promouvoir l'étude et la réalisation d'un appareil, en collaboration entre la CGR et le laboratoire de l'Institut d'Électronique Fondamentale d'Orsay (Mr Sauzade). Le SNCI est invité à y collaborer pour la réalisation de l'aimant. Dès lors le Comité National pour le développement des applications biomédicales de la RMN s'engage à soutenir les actions tant au niveau des chercheurs que des industriels concernés.

En janvier 1982, le Professeur Roger Sarazzin, organise une réunion, à Grenoble, avec les différents acteurs et promoteurs du développement de la RMN. Avec Mr Cadet Directeur Général du CHU, il présente à Hubert Dubedout, Président du conseil d'administration et maire de Grenoble un « programme préliminaire

¹ Louis Eugène Félix Néel (1904-2000) est né à Lyon (France) le 22 novembre 1904, il entre à l'École normale supérieure en 1924. En 1932 il obtient son doctorat en sciences physiques à la Faculté des Sciences de Strasbourg où il sera Professeur de 1937 à 1945. Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble de 1945 à 1976, il sera successivement directeur du Laboratoire des Essais Mécaniques de l'Institut Polytechnique de Grenoble (1942 - 1953) puis Directeur du Laboratoire d'Electrostatique et de Physique du Métal de Grenoble (1946 - 1970) et enfin Directeur du Laboratoire de Magnétisme de Grenoble (1971 - 1976). Membre de l'Académie des Sciences en 1953, il reçoit la médaille d'Or du CNRS en 1965 et le prix Nobel de physique en 1970. Il décède en 2000 à l'âge de 96 ans

d'évaluation clinique et technique de l'imagerie par RMN au CHU de Grenoble ». Ce dernier propose que la délibération du Conseil d'administration appuyant cette demande soit adressée au ministère de la Santé accompagnée d'un dossier d'intention d'acquiescer un équipement. Au début du mois de juin le projet grenoblois est remis à Jean-Claude Bisconte. Des discussions ont lieu au niveau régional, à l'instigation de la mission régionale de la recherche à la Préfecture de la Région Rhône-Alpes pour associer l'ensemble de la Région Rhône-Alpes dans cette démarche. A Lyon, M Michel Amiel, chef de service de la Radiologie de l'Hôpital cardiologique, est un interlocuteur privilégié et s'engage lui aussi très activement.

Au mois de novembre, un programme d'installation et d'évolution de l'imagerie RMN dans notre centre hospitalier, est adressé au ministère de la Santé. Il prévoit les surfaces, les dotations en personnel et le budget pour cette opération. Trois mois plus tard le ministère de la Santé notifie l'autorisation d'implantation de quatre imageurs en France : à Bordeaux, à Montpellier, à Paris et à Grenoble.

La proximité du CEA et des compétences locales justifient ce choix. Fort de l'expérience du scanner X dans le Service Central de Radiologie du centre hospitalier de Grenoble des contacts sont pris avec Thomson-CGR et Grenoble est choisi par la CGR pour être le premier site français à être équipé d'un imageur 0,5 Tesla. Parallèlement, un certain nombre de travaux se développent dans le laboratoire du Pr Alim-Louis Benabid, notamment sur le versant spectrométrie RMN biomédicale. Jean-François Le Bas est désigné pour coordonner le groupe de travail pour ce projet d'implantation d'un imageur RMN au CHU De Grenoble.

Au mois d'octobre 1983, Mr Dupuy, architecte du groupe des Six est consulté pour démarrer l'étude de la construction d'un bâtiment destiné à recevoir cet imageur. A l'époque, les contraintes d'installation liées au champ magnétique créé par l'équipement paraissent très lourdes. Le choix du site est abordé, et une décision unanime intervient rapidement pour qu'il soit installé à proximité du CHU et du pavillon de Neurologie, et qu'il soit en lien direct par un couloir avec le bâtiment central du CHU. Ce choix a été tout à fait judicieux de la part de notre administration puisqu'il permettra les extensions futures. L'État finance 60 % de l'acquisition de ce premier matériel. Le bâtiment construit est à la charge du CHU. Le CHU met en place autour de Jean-François Le Bas une structure administrative et logistique qui lui permet d'embaucher quatre manipulateurs et une secrétaire. L'unité IRM ainsi créée est rattachée au secteur radiologique et a pour mission de réaliser une évaluation clinique de cette technique. Le bâtiment est livré dans les délais, et la machine est installée en avril 1985. C'est une jeune ingénieur, Corinne Mestais, qui travaille alors à la CGR, qui installe cette machine à Grenoble. Aujourd'hui, elle est responsable du programme imagerie médicale au LETI !

L'inauguration de l'Unité IRM a lieu en septembre 1985. Le Professeur Michel Geindre est des nôtres pour l'inauguration, mais il nous quitte peu après. Nous saluons ici sa mémoire et le remercions de sa confiance. Comme pour l'expérience du scanner X, installé au CHU, cette mission d'évaluation d'un premier équipement IRM fût très riche, enthousiasmante. Il était déjà assez facile de prédire que cette imagerie par RMN s'imposerait comme une des techniques majeures de l'imagerie médicale.

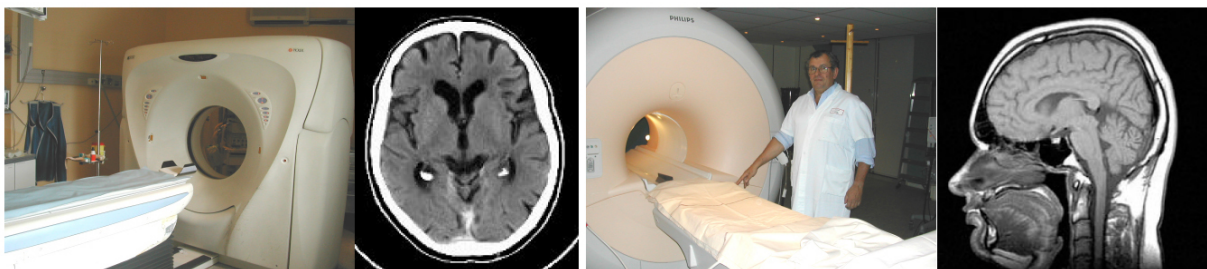


Fig. 4 Scanner X du Service de neuroradiologie

Fig. 4a Image de l'encéphale et du crâne acquise en coupes axiales sur cet équipement : le liquide céphalo-rachidien apparaît en noir, la tige cérébrale en gris, l'os en blanc en rapport avec l'échelle des densités de ces tissus

Fig. 5 Equipement IRM 1,5 Tesla de l'Hôpital Nord 5a

Fig. 5 a Image de l'encéphale et du crâne, acquise en coupe sagittale sur cet équipement : les raies noires (absence de signal), le liquide céphalo-rachidien est gris, le tissu cérébral est plus clair, la graisse, sous cutanée plus blanche en rapport avec l'échelle des temps de relaxation longitudinaux T1 (de ces tissus)

IRM et le scanner deux méthodes de diagnostique

L'IRM apporte pour l'exploration des organes pleins et des régions immobiles une sensibilité diagnostique supérieure à celle du scanner X, en particulier dans l'exploration du cerveau et de la moelle. Une petite lésion ischémique ou inflammatoire sera souvent mieux vue qu'avec le scanner X et le bilan des lésions plus précis. Le signal RMN est modulé par un certain nombre de paramètres biologiques permettant une exploration fonctionnelle et même métabolique dans certain cas. C'est enfin une technique non invasive, c'est-à-dire qui peut être répétée dans le temps sans aucun dommage pour le patient, ce qui autorise son utilisation pour des recherches sur le sujet normal notamment en ce qui concerne le fonctionnement cérébral. Le scanner X reste un examen de première intention dans la plupart des situations pathologiques et en particulier dans le cadre de l'urgence. Il explore très finement l'os et pourra détecter de petites fractures. Il repère très bien les saignements et les hémorragies. Il est fiable et de réalisation très rapide, accessible dans toutes les circonstances, ce qui n'est pas le cas de l'IRM. Ces deux techniques permettent d'explorer le corps entier, en coupes, et autorisent des reconstructions en trois dimensions. La résolution spatiale est de l'ordre du millimètre cube.

Quelques années plus tard en 1993, un deuxième équipement est installé, et une extension du bâtiment initial permet d'accueillir un équipement à plus haut champ 1,5 Tesla PHILIPS, dans le cadre d'une collaboration avec le secteur libéral qui souhaite logiquement pouvoir faire bénéficier les patients qui lui sont confié de cette technique. Le regroupement de ces deux machines et de leur co-utilisation est une solution intéressante pour la formation des médecins.

C'est en 2000 que dans le cadre d'un programme national « Projet de soutien technologique à la Recherche Clinique » (PSTRC) qu'on installe à Grenoble un équipement 3 Tesla corps entier dédié aux activités de recherche. Il est installé dans une extension du bâtiment initial. **Aujourd'hui, le CHU de Grenoble dispose, sans aucun doute, de la plus belle plate-forme d'imagerie clinique de RMN de France.**

La construction de l'Institut des Neurosciences et le transfert du plateau technique d'imagerie RMN expérimentale pour le petit animal dans ce bâtiment à proximité de la plate-forme d'imagerie clinique va encore accroître cette visibilité. La plate-forme IRM de Grenoble qui regroupe ces deux composantes est aujourd'hui reconnue sur le plan national. En 2003, sous l'impulsion de Pr Alim-Louis. Benabid, le CHU acquiert une IRM per -opérateur, installée dans le bloc opératoire neurochirurgical. Cet équipement permet sur table un contrôle du geste interventionnel. Fin 2005, un nouvel équipement d'IRM 1,5 Tesla est installé à l'hôpital Sud pour des développements autour de l'appareil ostéoarticulaire. Cet équipement est co-utilisé par le public et le secteur libéral, les deux équipements cliniques du CHU étant aujourd'hui totalement consacrés à l'activité du CHU.



Aujourd'hui les contraintes d'environnement liées au champ magnétique statique sont bien maîtrisées. Le CHU dispose de matériels spécifiques (monitoring, respirateur) qui permettent la réalisation d'un examen IRM chez des patients en réanimation. La surveillance du patient dans l'aimant est prise en charge par les anesthésistes et les réanimateurs (fig. 6).

Bien sûr, au cours de ces vingt années, les équipements IRM ont considérablement progressé, comme les équipements scanner X, et il est vrai que nous disposons, à Grenoble, d'un plateau technique de très bon niveau. Ces réussites ont nécessité de la part de chacun des partenaires locaux des efforts constants, et il faut

sans doute saluer ici les différents responsables qui se sont succédés au niveau du CHU, de la Faculté de Médecine, de notre Université Joseph-Fourier, au cours de cette période.