

Hautes performances en Résonance Magnétique Nucléaire Applications

Stanislas Rapacchi et Elodie Salager

Centre de Recherche et d'Applications en
Traitement de l'Image et du Signal
Laboratoire de Résonance Magnétique Nucléaire



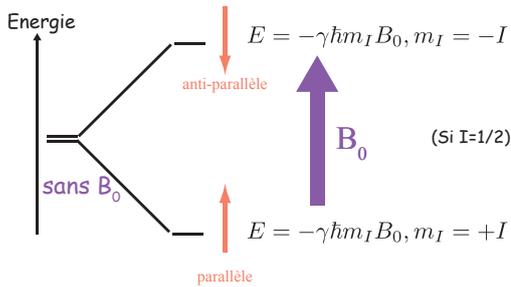
Université de Lyon,
CNRS / ENS Lyon / UCBL
Centre de RMN à très hauts champs
5 rue de la Doua
Villeurbanne

Résonance Magnétique Nucléaire

Certains noyaux atomiques (par ex. ^1H , ^{13}C , ^{15}N , ^{19}F , ^{31}P) ont un **spin nucléaire I** non nul. Un moment magnétique de spin y est associé.

$$\vec{m} = \gamma \hbar \vec{I} \text{ avec } \gamma \text{ le rapport gyromagnétique, dépendant du noyau considéré.}$$

Ce moment magnétique s'aligne avec un champ magnétique B_0 :



Deux orientations sont possibles, avec une légère différence en faveur de l'orientation parallèle.



La Résonance Magnétique Nucléaire mesure les caractéristiques de ce moment magnétique macroscopique pour obtenir des informations.

Plus le champ magnétique sera intense, plus le moment macroscopique sera élevé, et plus on pourra étudier des systèmes petits et complexes

Comment créer un champ magnétique élevé :

On fait passer un **courant intense** dans une **bobine supraconductrice**.

Plusieurs centaines d'ampères

Résistance totalement nulle en dessous d'une température critique et d'un champ critique

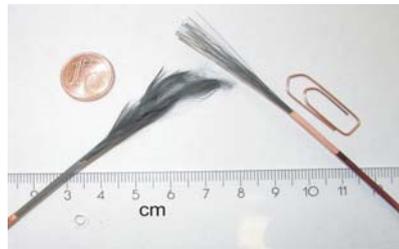
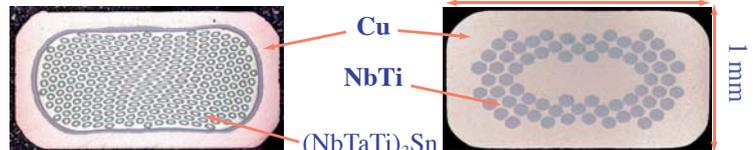
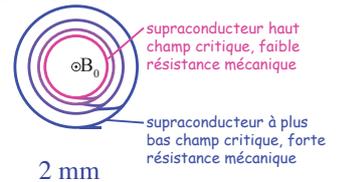


Photo et coupes de faisceaux de fils de supraconducteurs

On utilise des alliages spéciaux qui combinent supraconductivité et résistance mécanique à la déformation (causée par les forces magnétiques). Plusieurs km de fils sont utilisés.

La bobine supraconductrice est constituée de plusieurs bobines concentriques reliées entre elles. Chaque sous-bobine est réalisée avec un type de faisceau de fils supraconducteurs différent pour obtenir les propriétés désirées pour l'ensemble.



Conducteur $(\text{NbTaTi})_3\text{Sn}$
~ 50.000 filaments, 5 μ

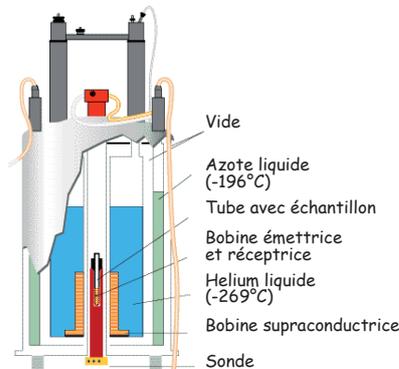
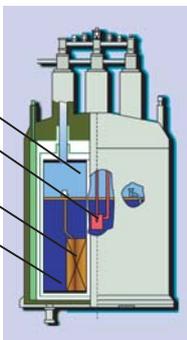


Conducteur NbTi
66 filaments, 100 μ

Le spectromètre RMN

La température de la bobine supraconductrice doit être très basse (< 2-4 K). Elle trempe dans un bain d'hélium liquide, entouré d'un réservoir d'azote liquide.

Helium liquide (-269°C)
Détente de Joule-Thompson
Bobine supraconductrice
Helium liquide pompé (-271°C)



Spectromètre 900 MHz à Villeurbanne



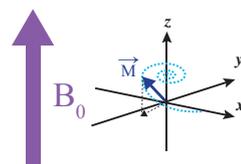
Spectromètre IRM

Comment détecter le signal RMN :

Même pour des champs élevés, l'aimantation macroscopique est toute petite, négligeable devant B_0 .

On l'observe donc dans le plan perpendiculaire à B_0 .

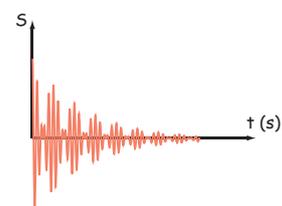
Un champ radio-fréquence perturbe le moment magnétique macroscopique, puis on observe son retour à l'équilibre avec une bobine réceptrice.



Retour à l'équilibre
Mouvement de précession (toupie)

La fréquence de précession est liée au champ magnétique ressenti: $\nu_0 = \gamma \frac{B}{2\pi}$

Un spectromètre RMN 900 MHz (fréquence de précession du proton) correspond à un champ de 21.1 T.



Signal temporel fourni par la bobine réceptrice