

## Activité expérimentale : Champ magnétique

**Activité 1 :** Mise en évidence des sources de champ magnétique.

**Document 1 :** Une petite aiguille aimantée permet de détecter un champ magnétique. Sa direction indique la direction et le sens du champ magnétique.

a. En l'absence de tout matériel sur la table, indiquer quel est la direction et le sens pris par l'aiguille aimantée. Comparer avec les autres groupes et grâce à la carte et l'orientation fournie en annexe 1, indiquer s'il y a un champ magnétique dans la salle de cours. Si oui quel peut en être la source ?

b. Déplacer l'aiguille aimantée au voisinage d'un aimant. Un aimant est-il une source de champ magnétique ? A l'aide du Teslamètre et de la sonde de Hall, indiquer la valeur du champ magnétique  $B_2$  autour de l'aimant. Ou ce champ est-il le plus intense ?

A l'aide de la notice de l'appareil de mesure (annexe 2), noter la valeur du champ et soin incertitude sous la forme  

$$B_2 = (B \pm \delta) \text{ T}$$

c. Déplacer maintenant l'aiguille aimantée au voisinage d'un fil électrique (bobine ou autre) parcouru ou non par un courant électrique. Dans quel cas la bobine est-elle source de champ magnétique ?

A quel endroit se situe la valeur la plus intense du champ magnétique ?

Mesurer le champ magnétique le plus intense créée par la bobine et noter la valeur :

$$B_3 = (B \pm \delta) \text{ T}$$

d. Bilan : Est-il possible de créer un champ magnétique en l'absence d'aimant ?

**Activité 2 :** Visualisation d'un champ magnétique.

**Document 2 :** Des petits grains de limaille de fer placés dans un champ magnétique s'aimantent. Ils se comportent alors comme des petites aiguilles aimantées. Ces grains s'orientent suivant les lignes du champ magnétique ce qui permet de les visualiser.

a. Après avoir réalisé les spectres magnétiques d'un aimant droit, d'un aimant en U avec le professeur, représenter les lignes de champ magnétique sur les schémas en annexe 3.

b. Indiquer correctement l'orientation des lignes de champ par des flèches. Par quel pôle le champ magnétique sort-il de l'aimant ?

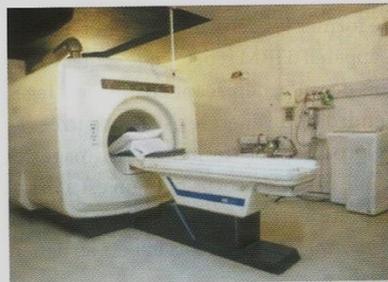
**Activité 3 :** L'imagerie par résonance magnétique

### L'appareil

Un IRM coûte environ 1,3 million d'euros et sa maintenance entre 10 à 15% du prix de la machine par an. Par conséquent **l'examen IRM est un examen onéreux**. Le champ magnétique statique  $\vec{B}_0$  est très intense. Il peut aller jusqu'à 3 teslas, soit 60 000 fois le champ magnétique terrestre. Plus l'intensité du champ magnétique est élevée, meilleure est la résolution de l'image et plus rapide est l'acquisition. Il est réalisé grâce à des matériaux supraconducteurs refroidis à l'hélium liquide. Ce **champ est toujours présent dans la salle, même en dehors des examens**.

L'onde électromagnétique radiofréquence est de faible puissance. Afin qu'elle ne soit pas perturbée par d'autres signaux, l'IRM est installé dans une salle d'examen blindée (cage de Faraday). **Cette onde est émise sous forme d'impulsions seulement pendant l'examen**.

*Remarque:* Afin de réaliser des images suivant 3 axes, le champ statique est modulé par 3 champs variables orientés à 120°. Ce **champ, présent seulement pendant l'examen**, est généré de façon impulsionnelle avec une très basse fréquence de répétition qui produit un bruit de « martelage ».

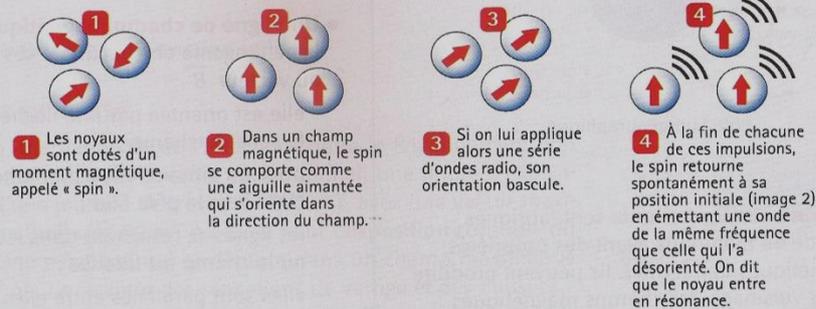


• **Le principe**

L'IRM est basée sur les propriétés magnétiques du noyau d'hydrogène présent dans les tissus biologiques. Les noyaux d'hydrogène se comportent alors comme des petits aimants. Lorsqu'un patient passe une IRM, dans un premier temps il est soumis à un champ magnétique intense et constant obtenu à l'aide de bobines supraconductrices. Les noyaux des atomes d'hydrogène s'orientent selon la direction et le sens du champ magnétique statique.

Puis, on envoie une impulsion électromagnétique Radio Fréquence (RF) qui provoque un basculement de l'orientation des noyaux. C'est le phénomène de résonance magnétique nucléaire. Par exemple, pour un champ magnétique de 1,5 T, la fréquence de l'onde RF doit être de 63,9 MHz.

**Résonance magnétique nucléaire**



Source : CEA

Après l'arrêt de l'émission des ondes RF, les noyaux d'hydrogène reviennent à leur état d'équilibre au bout d'un temps appelé temps de relaxation  $T_{relax}$ . Ils restituent alors une onde de même fréquence captée par un réseau d'antennes et traitée par un système informatique. Le temps de relaxation  $T_{relax}$  dépend de l'environnement des tissus analysés et permet de reconstituer une image des organes en 2D ou en 3D.

Eau	3 s
Graisse	200 ms
Foie	500 ms
Muscle	800 ms
Cerveau	850 ms

Pour produire un champ magnétique de plusieurs teslas, on utilise des électroaimants supraconducteurs refroidis à l'aide d'hélium liquide qui maintient une température de 4 K. Les conducteurs ont alors une résistance électrique nulle qui permet de faire circuler un courant d'une grande intensité (de 30 A à 90 A) sans pertes par effet Joule.

▲ Temps de relaxation des milieux biologiques pour  $B = 1,5 T$

• **L'examen**

L'IRM est un examen médical non invasif et indolore qui n'utilise pas de rayonnement ionisant. Elle est plus performante que la radiographie ou le scanner et permet d'atteindre une résolution spatiale de l'ordre du millimètre.

**QUEL AVENIR POUR L'IRM ?**

À ce jour, l'IRM est certainement l'imageur médical le plus élaboré utilisé dans les hôpitaux et le plus prometteur. En effet, sa technologie sans risques avérés pour le corps humain et en plein développement, en fait un imageur de choix pour les années à venir.

La recherche va permettre :

- d'augmenter encore la résolution des images en utilisant des champs magnétiques statiques encore plus intenses.

Ainsi, début 2012, NeuroSpin (laboratoire du CEA à Saclay) abritera un IRM 11,7 teslas corps entier (en cours de réalisation dans le cadre du projet franco-allemand Iseult). L'augmentation de la résolution permettra le dépistage précoce et le diagnostic de pathologies comme Alzheimer, les accidents cardiovasculaires et les tumeurs cérébrales.

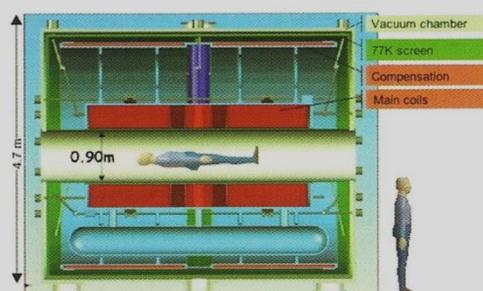


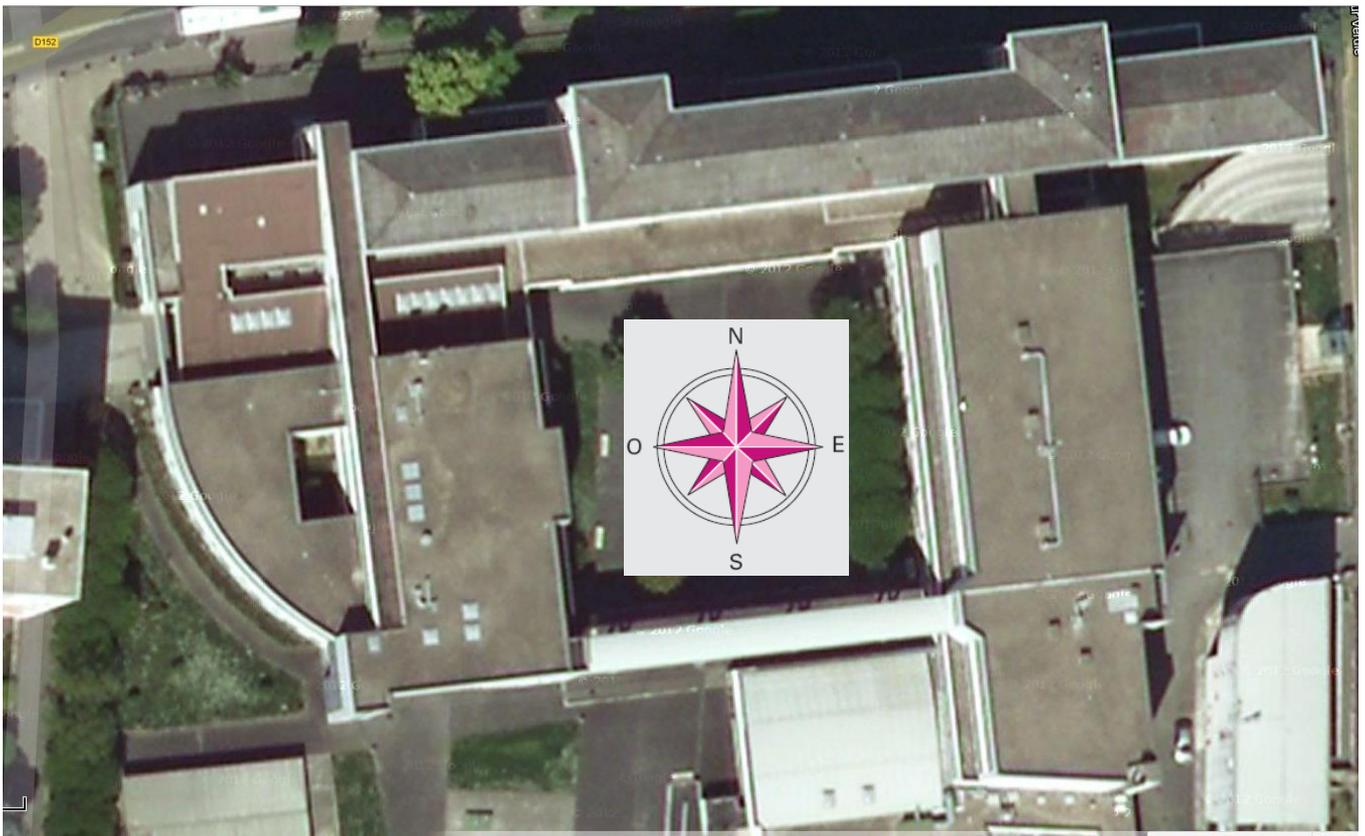
Schéma de l'IRM 11,7T Neurospin – image CEA

- de développer l'**IRMf** (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle) qui consiste à alterner des périodes d'activité du patient (par exemple bouger les doigts de la main droite) avec des périodes de repos, tout en acquérant des images de l'intégralité du cerveau toutes les 1,5 à 6 secondes (correspond à la résolution temporelle moyenne classiquement utilisée en recherche). Ainsi, on peut localiser des zones cérébrales concernées par l'activité réalisée.

- d'observer, en plus de l'hydrogène, d'autres éléments chimiques : c'est la **spectroscopie IRM** (spectro-IRM ou SRM). Par exemple l'institut Curie à Orsay réalise sur un IRM 9,4 teslas de petite dimension la localisation du potassium et du sodium responsables du fonctionnement de la membrane de la cellule.

Questions :

1. Quels sont les avantages de l'IRM par rapport aux autres techniques d'imagerie ?
2. Quel est l'intérêt d'utiliser un électroaimant supraconducteur ?
3. Quel est l'élément qui émet un signal RF lorsque l'impulsion radioélectrique est coupée ?
4. Quel type de perte diminue-t-on en utilisant de l'hélium liquide ?
5. Une contre-indication à l'IRM est la présence d'un corps étranger métallique intraoculaire. Justifier cette contre-indication.
6. L'intensité du champ magnétique d'un IRM 1,5T est de 0,5mT à une distance de 4m. Comparer cette valeur à celle du champ magnétique terrestre.
7. La puissance moyenne consommée par un IRM 1,5 T est de 35 kW. Calculer l'énergie électrique consommée en une journée, exprimer cette valeur en kWh. Sachant que le prix d'1kWh est d'environ 0,10 centimes d'euros, déterminer le coût journalier, puis annuel en électricité d'un tel appareil.

Annexe 1 : Vue satellite du lycée MicheletAnnexe 2 :

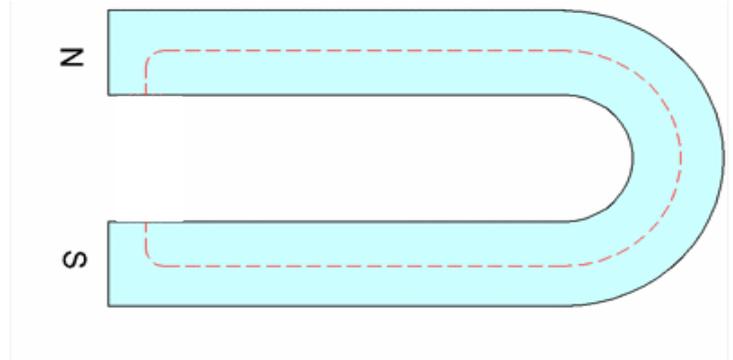
CARACTERISTIQUES TECHNIQUES
<u>Alimentation</u>
Secteur 220-240V = 50-60Hz
Consommation 10VA=
<u>Résolution</u>
10pT théorique (permise par l'afficheur numérique)
100pT garantie pour les mesures
<u>Précision (à 25°C)</u>
Calibre 20mT : 2 % de l'affichage ± 3 digits (2 % valeur ± 30pT)
Calibre 100mT : 2 % de l'affichage ± 1 digit (2 % valeur ± 0,1 mT)

Annexe 3 : Spectres magnétiques à compléter :

Spectre magnétique d'un aimant droit :



Spectre magnétique d'un aimant en U :

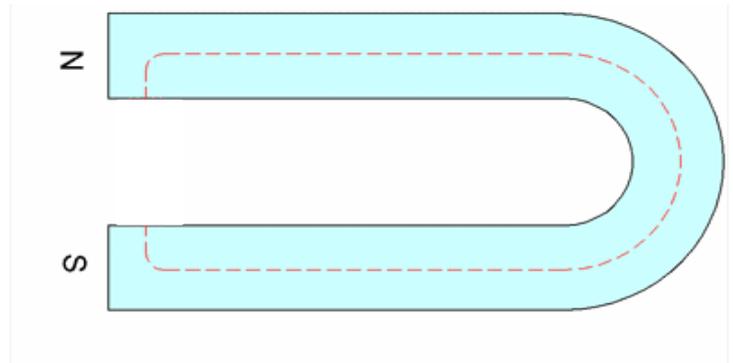


Annexe 3 : Spectres magnétiques à compléter :

Spectre magnétique d'un aimant droit :



Spectre magnétique d'un aimant en U :



Annexe 3 : Spectres magnétiques à compléter :

Spectre magnétique d'un aimant droit :



Spectre magnétique d'un aimant en U :

