

Séquence 1

CH1 Champs d'application de la chimie et évolution des techniques

Fiche liée à cette séquence :

► Fiche de synthèse Séquence 1

ACTIVITÉ 4 : La spectroscopie RMN, une technique au service de la science

Découvert en 1945, le phénomène de Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) est fondé sur les propriétés magnétiques de certains noyaux. Il a permis de mettre au point un des outils d'analyse les plus performants actuellement : la spectroscopie RMN. Elle est très utilisée en chimie pour déterminer la structure de molécules, mais intervient également dans d'autres domaines tels que la biologie, la physique et la médecine.

DOCUMENT 1 : Aérosols atmosphériques

Le principe physique de la RMN repose sur la possibilité pour certains noyaux atomiques d'interagir avec un champ magnétique. Ces noyaux se comportent comme de petits aimants, ce qui est le cas notamment de l'hydrogène ^1H .

A l'état naturel, ces petits aimants ou spins, sont très peu intenses et caractéristiques du noyau étudié, tout comme leur masse, leur charge, etc. En dehors de toute contrainte extérieure, chaque spin possède une orientation quelconque, le magnétisme résultant est alors nul à notre échelle. Toutefois dès qu'un champ magnétique extérieur est appliqué, ils ont tendance à s'ordonner dans ce champ, produisant un ordre tel qu'une aimantation nucléaire macroscopique peut alors être perçue (cette aimantation s'aligne dans la direction du champ, comme l'aiguille d'une boussole dans un champ magnétique terrestre).

En pratique, l'échantillon contenant une faible quantité de l'espèce chimique à identifier est placé dans un tube en verre que l'on introduit dans le spectromètre à RMN. Le tube est inséré dans un aimant supraconducteur permettant de générer un champ magnétique très intense (entre 10 et 20 teslas). En effet, la sensibilité d'une expérience de RMN s'améliore avec l'accroissement du champ magnétique, d'où l'utilisation d'aimants supraconducteurs. Ils permettent de faire circuler un courant très intense (de plusieurs dizaines d'ampère) dans un circuit de résistance nulle.

L'échantillon est soumis durant un laps de temps très court (de l'ordre de $10\ \mu\text{s}$) à une impulsion électromagnétique de faible intensité (de l'ordre de $10^{-3}\ \text{T}$). Cela va provoquer une variation de l'aimantation nucléaire, puis les noyaux vont retrouver leur état d'équilibre en émettant des ondes électromagnétiques que l'on peut détecter : c'est le signal mesuré en RMN.

Grâce à un traitement du signal par ordinateur, on obtient un spectre caractéristique de la molécule permettant ainsi de l'identifier.

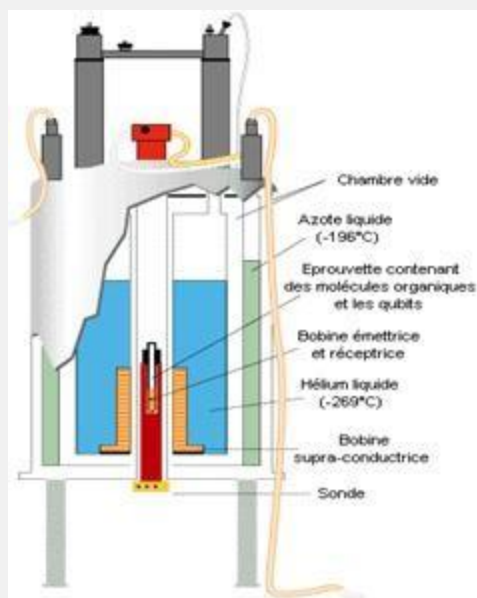
D'après Dominique Genet, Introduction à la résonance magnétique nucléaire (RMN), et Hagop Demirdjian, Les origines de l'IRM, la résonance magnétique nucléaire, <http://culturesciences.chimie.ens.fr/>

DOCUMENT 2 : Spectromètre à RMN



D'après <http://culturesciences.chimie.ens.fr>

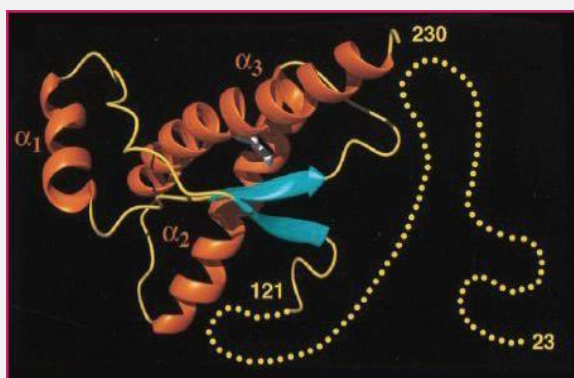
DOCUMENT 3 : Vue en coupe d'un spectromètre à RMN



D'après www.astrosurf.com

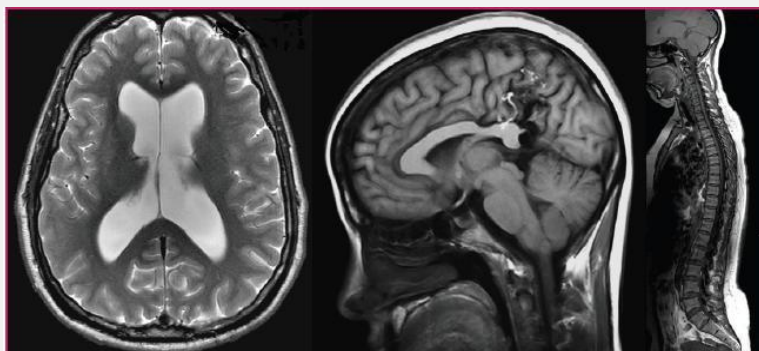
DOCUMENT 4 : La RMN en chimie, en biologie et en médecine

La RMN est aujourd'hui un outil essentiel pour la caractérisation à l'échelle atomique ou moléculaire d'un vaste nombre de systèmes : surfaces métalliques, catalyseurs, polymères, supraconducteurs, verres, cristaux liquides, intermédiaires de synthèse, assemblages supramoléculaires, produits naturels, médicaments, membranes et protéines, pour ne citer qu'eux. Elle est au centre des techniques d'analyse standards et a révolutionné notre approche de la chimie, que ce soit au niveau de la synthèse ou de l'étude de la dynamique moléculaire. Elle est aussi utilisée de manière standard comme outil de diagnostic médical, et trouve même des applications dans la recherche de nouvelles sources de pétrole.

**Détermination de la structure tridimensionnelle de protéines**

Kurt Wüthrich, prix Nobel de chimie 2002 et son groupe ont déterminé la structure 3D d'une protéine en solution

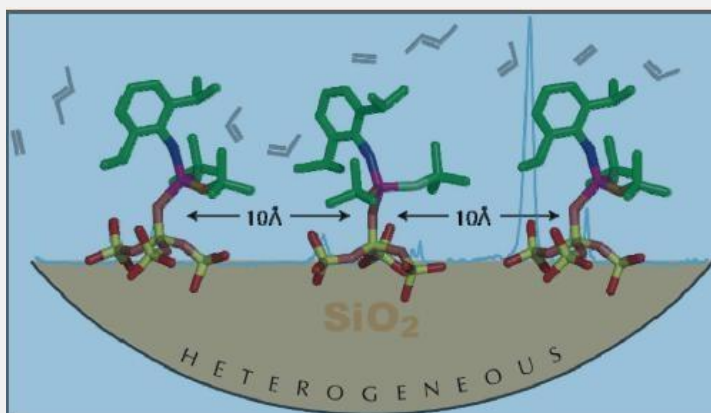
pour la première fois en 1986. En 2000, il fut le premier à déterminer la structure de la protéine du prion humain.

**L'imagerie par résonance magnétique (IRM) : un outil de diagnostic clinique**

En 1973, Paul Lauterbur utilise un spectromètre RMN haute résolution pour fournir la première IRM, qui est aujourd'hui un outil de choix pour le diagnostic de nombreuses maladies. En 2003, Lauterbur et Mansfield reçoivent le prix Nobel de médecine

D'après Alexandre Zagdoun et Lyndon Emsley, La RMN à haut champ, soixante ans à révolutionner la science, L'actualité chimique, juin-juillet-août 2012

DOCUMENT 5 : Chimie et catalyse



Le premier spectre de catalyseur est enregistré dans les années 1970, à l'époque où la RMN révolutionne le quotidien des chimistes organiciens. En 2006, Schrock obtient le prix Nobel de chimie pour valider le mécanisme de la réaction de métathèse par un catalyseur supporté par une surface. Aujourd'hui, cette réaction est devenue essentielle dans les procédés de l'industrie chimique.

D'après Alexandre Zagdoun et Lyndon Emsley, La RMN à haut champ, soixante ans à révolutionner la science L'actualité chimique, juin-juillet-août 2012

1. Pourquoi le noyau atomique cité dans le Document 1 est-il intéressant pour l'utilisation de la RMN en chimie organique ?
2. Recherchez la valeur du champ magnétique terrestre. Comparez cette valeur à celle d'un aimant supraconducteur d'un spectromètre à RMN.
3. Quel est l'intérêt d'utiliser un aimant supraconducteur ?
4. La supraconductivité d'un matériau ne se manifeste qu'en dessous d'une température très basse (environ égale à $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$). A partir du document 3, repérez les éléments du dispositif permettant l'exploitation de ce phénomène.
5. Quels sont les avantages majeurs de la RMN pour l'analyse ? Quels sont les inconvénients ?
6. Citer les apports de la RMN à la science.
7. Expliciter la phrase du philosophe Gaston Bachelard sur les sciences et les techniques : « une science a l'âge de ses instruments de mesure ».