

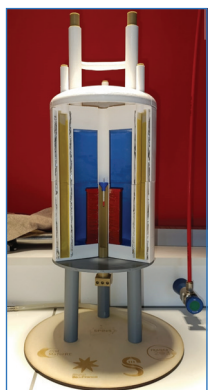
Atelier SPINS : une maquette de spectromètre RMN pour enseigner la RMN autrement

La RMN : une technique analytique incontournable mais invisible

La résonance magnétique nucléaire (RMN) est une technique d'analyse clé en chimie, biologie et santé. Non destructive et quantitative, elle permet l'analyse des échantillons sans préparation lourde. Elle est largement utilisée pour la caractérisation structurale de molécules, de matériaux et de systèmes complexes, ainsi que pour le suivi de réactions chimiques et de processus dynamiques.

Malgré son omniprésence dans les laboratoires, la RMN reste complexe à expliquer au grand public. Les spectromètres, volumineux et fermés, rendent leur fonctionnement abstrait pour les non-spécialistes. Depuis plusieurs années, la plateforme RMN de Sorbonne Université et l'Institut Parisien de Chimie Moléculaire mènent des actions de médiation scientifique lors d'événements dédiés. Une question demeure toutefois : comment montrer concrètement le fonctionnement d'un spectromètre RMN ?

Une maquette interactive pour comprendre la RMN



Le projet SPINS (*Smart Prototype of an Interactive NMR Spectrometer*) répond à ce défi par une maquette pédagogique animée de spectromètre RMN. Imprimée en 3D à un quart d'échelle, elle est ouverte, manipulable et aisément transportable. Elle permet de visualiser les principaux éléments de l'instrument : aimant, bobine supraconductrice, porte-échantillon, sonde et zones cryogéniques. Chaque composant est identifié par une couleur facilitant la compréhension de l'architecture.

Contrairement au spectromètre réel, inaccessible sans démontage, la maquette SPINS

donne accès au « cœur » de la RMN et en illustre les principes physiques fondamentaux. Cette approche s'inscrit dans une démarche de médiation scientifique par la modélisation d'un instrument analytique.

Au-delà de la médiation, SPINS a été imaginé comme un support modulable, adaptable à différents niveaux d'enseignement, reliant concrètement concepts théoriques et réalités instrumentales de la RMN.

Une expérience ludique et participative

L'interactivité est au centre du dispositif. Le public peut insérer un tube RMN, activer l'orientation des spins *via* une manette électronique, puis lancer une analyse simulée. Une interface graphique illustre les étapes clés de la mesure : excitation des noyaux, décroissance du signal (FID) et transformation de Fourier conduisant au spectre RMN. Cette approche transforme une technique complexe en une expérience tangible, favorisant l'apprentissage par la manipulation et l'observation. Des éléments ludiques, comme la récupération du tube à l'aide d'une baguette aimantée, permettent aussi de toucher un public plus jeune



(niveau inférieur à la 3^e). Ils contribuent à une première sensibilisation à l'instrumentation scientifique, même si les concepts physiques sous-jacents restent délicats à appréhender.

Un fort potentiel pédagogique à développer



SPINS s'adresse également aux enseignants, souvent confrontés à la difficulté d'enseigner la RMN sans accès direct à l'instrumentation et face à l'abstraction des principes physiques liés (spin nucléaire, champ magnétique, relaxation). Le projet constitue un outil complémentaire précieux pour relier théorie, fonctionnement du spectromètre et interprétation des spectres RMN. Il peut s'intégrer dans l'enseignement secondaire et supérieur, ainsi que dans la formation initiale à la RMN de nouveaux utilisateurs.

Un dispositif économique, ouvert et collaboratif

SPINS se distingue par son coût maîtrisé (150-200 €/maquette), rendu possible grâce à l'impression 3D et à l'utilisation d'une électronique simple, robuste et facilement reproductible. Les plans de la maquette, la documentation associée et le logiciel de visualisation développé en Python sont mis à disposition en libre accès et/ou en open source*.

Initialement conçues pour la médiation scientifique, ces ressources s'inscrivent dans une démarche assumée de science ouverte et collaborative, destinée à l'ensemble de la société, et notamment aux enseignants. Cette ouverture vise à favoriser la reproduction du dispositif, son adaptation à des niveaux pédagogiques variés (lycées, classes prépas, licence/IUT...), et l'enrichissement continu du projet par la communauté enseignante et scientifique, avec une mise à disposition libre des évolutions et nouvelles versions du dispositif.

En combinant accessibilité matérielle, ouverture des ressources et modularité pédagogique par collaboration, SPINS propose ainsi un outil reproductible et évolutif, destiné à élargir l'accès à la compréhension de la RMN auprès d'un public diversifié.

Un projet soutenu financièrement par :

- l'Alliance Sorbonne Université (ANR SOUND au titre de France 2030)
- le DIM MaTerRe labellisé par la Région Ile-de-France.



Crédits photos : J. Forté.

*Plans 3D de la maquette et documentation :

<https://wiki.fablab.sorbonne-universite.fr/BookStack/books/smart-prototype-of-an-interactive-nmr-spectrometer-spins>

Logiciel :

<https://github.com/TomLacoma/spins-interface>

Jérémy FORTÉ*, assistant ingénieur CNRS, **Régina MARUCHENKO**, ingénieure d'étude CNRS, et **Tom LACOMA**, doctorant en chimie, Institut Parisien de Chimie Moléculaire (Sorbonne Université, Paris).

* jeremy.forte@gmail.com