



FTICR 18 T, un instrument unique au monde installé au sein de l'Institut CARMeN, à Rouen

Depuis fin 2024, l'université de Rouen Normandie accueille au sein de l'Institut CARMeN un nouveau spectromètre de masse : le FTICR 18 T. Equipé d'un aimant supraconducteur de 18 teslas, l'appareil conçu par Bruker compte parmi les plus performants au monde...

Prouesse scientifique, mais aussi partenariale et structurelle, l'installation du FTICR 18 T au sein de l'Institut CARMeN - Chimie Analytique et Réactivité Moléculaire en Normandie - UMR CNRS 6064 - place la recherche normande à la pointe de la spectrométrie de masse mondiale. « Nous disposions jusque-là d'un spectromètre FTICR de 12 teslas, longtemps le plus puissant de France », présente M. Carlos AFONSO, enseignant-chercheur à l'Institut CARMeN. « Mais l'arrivée du nouveau FTICR doté d'un aimant supraconducteur de 18 teslas, nous ouvre des capacités d'analyse bien plus importantes encore, avec une résolution et une précision, totalement inédites ! »

En effet, les performances de mesure de l'instrument sont directement liées au champ magnétique B et évoluent de manière linéaire ou quadratique (B²) avec celui-ci.

Le FTICR 18 T, au cœur d'un instrument hors norme

Installer un équipement tel que le FTICR 18 T au sein d'une unité de recherche ne s'improvise pas. 7,5 tonnes pour 7,5 millions d'euros... le défi était autant financier que structurel !

Côté financement, c'est dans le cadre du Contrat de Plan Etat-Région 2021-2027 qu'il a pu être finalisé grâce à un montage partenarial solide. Ses principaux contributeurs ? La Région Normandie, TotalEnergies, le CNRS et l'université de Rouen Normandie.

Côté mise en œuvre : la logistique est assurée par l'université de Rouen qui s'est aussi vu confier en amont d'importants travaux d'aménagements nécessaires à l'installation de l'instrument. Afin d'accueillir le nouveau FT-ICR et ses 7,5 tonnes, il a en effet fallu renforcer la dalle de la salle dédiée, grâce à la fixation de pieux métalliques à dix mètres de profondeur. Une préparation à la hauteur d'un équipement aussi imposant par ses dimensions hors normes que ses performances technologiques !

Le principe de la spectrométrie de masse FTICR ?

La FTICR consiste à piéger des ions dans un champ magnétique intense puis à analyser, grâce à une transformée de Fourier, le signal électrique généré par leur mouvement afin de déterminer leurs fréquences de rotation cyclotronique. Ces fréquences, directement liées au rapport masse/charge (m/z) des ions, permettent d'identifier les espèces présentes avec une très grande précision.

Spectrométrie de masse à très haute résolution, la FTICR (Fourier Transform Ion Cyclotron Resonance) figure ainsi parmi les techniques analytiques les plus avancées, particulièrement adaptées à l'étude des

mélanges solides ou liquides complexes, comme la recherche de polluants dans l'eau. « Les méthodes conventionnelles de spectrométrie de masse sont extrêmement efficaces pour les analyses ciblées, c'est-à-dire pour la détection de ce que nous cherchons déjà, mais elles sont beaucoup moins adaptées à la caractérisation de composés non attendus. Toute pollution inconnue, par exemple, passe inaperçue et n'est donc pas détectée », explique Carlos AFONSO.

Le FTICR 18 T à très haut champ change la donne ! « L'augmentation du champ magnétique utilisé en spectrométrie FTICR améliore directement plusieurs paramètres fondamentaux de l'analyse tels que la résolution, la précision de masse et la sensibilité », poursuit M. AFONSO. « Autre atout majeur : la rapidité. Ce qui nous prenait une journée peut être fait en une demi-heure. »

Grâce à son aimant supraconducteur de 18 teslas conçu par Bruker, le FTICR 18 T s'impose ainsi parmi les équipements les plus performants actuellement accessibles à la communauté scientifique. « Il s'agit du troisième aimant de ce type le plus puissant au monde, juste derrière deux appareils de 21 teslas implantés aux États-Unis, et le seul en Europe », ajoute Julien LEGROS, directeur de l'Institut CARMeN.

De l'analyse ciblée à la caractérisation globale des systèmes moléculaires complexes

Grâce à sa résolution exceptionnelle, le FTICR 18 T permet d'explorer la composition des mélanges moléculaires complexes, y compris si les composés ne sont pas connus, s'ils sont présents dans de très faibles concentrations et/ou si les espèces moléculaires possèdent des différences de masse extrêmement faibles.

Les champs d'application sont donc nombreux : caractérisation de biomasses, analyse de fractions pétrolières, étude de matériaux pour l'énergie, suivi de procédés de transformation chimique, investigation de contaminants environnementaux ou encore exploration de systèmes biologiques complexes.

« Ce nouvel appareil nous permet par exemple d'accélérer nos recherches sur les biocarburants issus de la pyrolyse de bois ou de microalgues, ainsi que sur l'optimisation de la durée de vie des batteries lithium-ion », précise Carlos AFONSO.

Le FTICR 18 T a par ailleurs déjà prouvé toute son efficacité sur des problématiques environnementales pointues telles que l'analyse des résidus de mégafeux et leur impact sur l'eau potable. Il jouera également un rôle stratégique dans la détection et la caractérisation des composés per- et polyfluoroalkylés (PFAS), des polluants environnementaux très persistants et encore méconnus. « Seule une vingtaine de PFAS est actuellement réglementée et recherchée par des analyses ciblées. Or, nous savons qu'il en existe des milliers, qui, en se dégradant dans la nature, peuvent générer des millions de métabolites », précise Carlos AFONSO. « Il y a un réel enjeu autour de leur caractérisation, tant pour l'environnement que pour la santé. »



Le spectromètre de masse FTICR 18 teslas, installé au sein du laboratoire Institut CARMeN de l'université de Rouen Normandie - © URN

Ainsi, au-delà de la performance technologique qu'il représente, cet équipement s'inscrit dans une stratégie scientifique de long terme visant à renforcer les capacités françaises d'analyse des systèmes moléculaires complexes dans des domaines aussi variés que l'énergie, l'environnement, les matériaux ou la santé.

La Normandie, terre d'excellence pour la chimie, les sciences analytiques et leurs applications

C'est dans le cadre d'un appel à projet EQUIPEX+ que l'Institut CARMeN a été sélectionné pour accueillir le nouveau spectromètre de masse. L'arrivée de ce dernier sur le campus de l'université de Rouen, fin 2024, a coïncidé avec une étape importante dans la structuration de la recherche en chimie moléculaire sur le territoire normand. Depuis janvier 2025, l'Institut CARMeN rassemble en effet au sein d'une même unité les compétences auparavant portées par les laboratoires COBRA à Rouen et LCMT à Caen.

Cette évolution répond à une volonté de gagner en lisibilité, en cohérence et en impact, tant au service de la recherche académique que du développement industriel. Sous la direction du Dr Julien LEGROS, l'Institut CARMeN réunit aujourd'hui plus de 270 membres – enseignants-chercheurs, chercheurs, personnels d'appui, doctorants et post-doctorants – organisés en 7 équipes de recherche.

« Nous travaillons, en particulier, sur la synthèse de principes actifs pharmaceutiques et avons par exemple développé des voies de synthèse plus économes et à l'empreinte écologique réduite, dans le cadre de travaux financés par France Relance pour renforcer la souveraineté pharmaceutique de la France », commente Julien LEGROS. CARMeN se positionne ainsi comme un pôle d'excellence en chimie moléculaire, en interaction forte avec un tissu industriel dynamique et des partenariats public-privé stratégiques, à l'image des laboratoires de recherche communs créés avec Oril-Servier ou TotalEnergies.

Les activités de l'Institut et l'acquisition du FTICR 18 T sont en outre étroitement liées aux activités du laboratoire commun iC₂MC (International Complex Matrices Molecular Characterization) qui associe des chercheurs de CARMeN, de l'Institut des sciences analytiques et de

physico-chimie pour l'environnement et les matériaux (IPREM, Pau), du National High Magnetic Field Laboratory (États-Unis) et de TotalEnergies.

Leur objectif partagé ? Développer de nouvelles approches pour la caractérisation moléculaire des matrices complexes, en particulier des échantillons d'intérêt pour le secteur de l'énergie.

Le spectromètre constitue aujourd'hui un outil central pour ces travaux, depuis la transformation de la biomasse, jusqu'aux matériaux destinés aux systèmes de stockage de l'énergie, en passant par les carburants alternatifs ou les procédés liés à la décarbonation.

Un outil au service de la recherche nationale et internationale

Soulignons également que le FTICR 18 T a intégré le réseau national Infranalytics. Depuis 2015, ce réseau piloté par le CNRS fédère des équipements analytiques de pointe, dont six spectromètres de masse, afin de faciliter l'accès pour la communauté scientifique française à des équipements dont le coût et la technicité dépassent généralement les capacités d'un laboratoire isolé. « Le FTICR attire désormais en Normandie des chercheurs qui veulent bénéficier de ses capacités d'analyse pour des projets de recherche autour de thématiques extrêmement variées et prometteuses », se réjouit Carlos AFONSO.

L'année 2026 a d'ailleurs été marquée à Rouen par une nouvelle étape symbolique pour la communauté de la spectrométrie de masse, avec l'organisation en avril dernier, du 16^{ème} European Fourier Transform Mass Spectrometry Workshop. Un événement qui confirme la place de l'Institut CARMeN parmi les acteurs majeurs de la communauté FTMS européenne.

Pour mettre en valeur les applications du spectromètre, celui-ci a été décoré par un artiste normand, Simon Le Cieux, qui a passé plusieurs jours au laboratoire dans le cadre d'une résidence d'artiste. L'habillage du spectromètre de masse représente ainsi des applications dans les domaines de l'environnement, de la santé ainsi que de l'énergie.

Pour en savoir plus :
www.univ-rouen.fr