

DOSSIER DE PRÉSENTATION

INAUGURATION DU
SPECTROMÈTRE
RMN 1 200 MHz

4 JANVIER 2023



Programme de l'inauguration	3
Historique du Projet CPER « RMN 1200 MHz »	4
Percer la structure de la matière grâce à la RMN	5
Héberger un équipement de pointe : un défi technique	6
Des enjeux scientifiques liés aux défis sociétaux dans les domaines des matériaux et de la biologie	7
Le projet CPER « RMN 1200 MHz »	9
Infranalytics : une infrastructure mutualisant des équipements pour sonder la matière à l'échelle atomique	11



Programme de l'inauguration

15H15 - Accueil - Hall de l'Institut Michel-Eugène Chevreul

15H30 - Présentation du Spectromètre RMN 1200 MHz - Amphithéâtre de l'Institut Michel-Eugène Chevreul

- Diffusion du film consacré au projet (5 min)
- **Olivier LAFON**, responsable scientifique du projet CPER « RMN 1200 » (15 min)
- **Dominique MASSIOT**, président du conseil scientifique de la Fédération de recherche Infranalytics (15 min)

16H05 - Allocutions

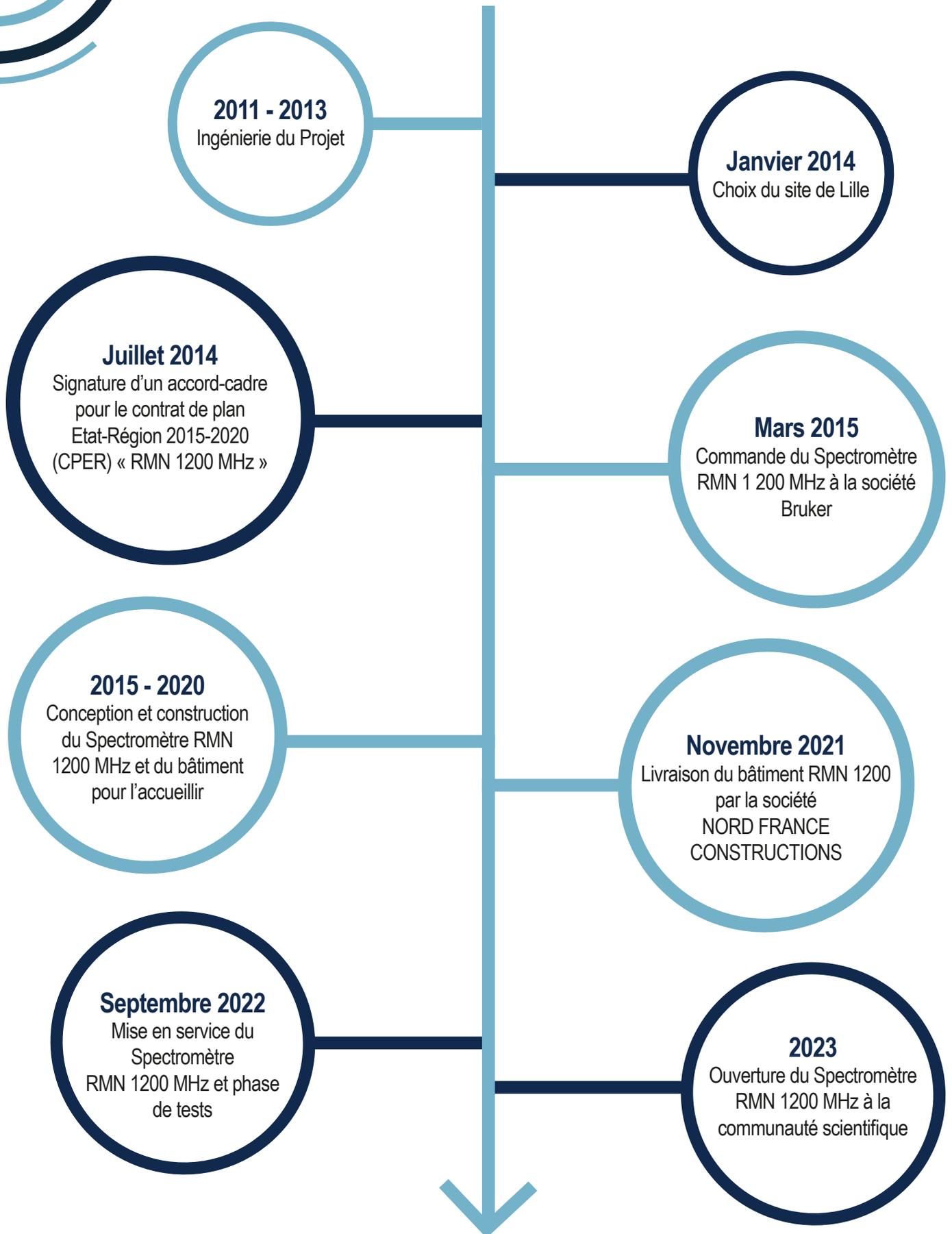
- **Antoine PETIT**, président-directeur général du CNRS (5 min)
- **Régis BORDET**, président de l'Université de Lille (5 min)
- **Matthieu CORBILLON**, Conseiller Métropolitain Délégué au Parc d'activités et Immobilier d'entreprises - Urbanisme commercial - Aménagement économique de la Métropole Européenne de Lille (5 min)
- **Christian POIRET**, président du Département du Nord (5 min)
- **Xavier BERTRAND**, président de la Région Hauts-de-France, ou son représentant (5 min)
- **Georges-François LECLERC**, préfet de la Région Hauts-de-France, préfet de la zone de défense et de sécurité du Nord, préfet du Nord (5 min)

16H45 - Geste inaugural - Hall de l'Institut Michel-Eugène Chevreul

17H - Cocktail

Visite Presse du Bâtiment RMN 1200 en présence de scientifiques de l'Infrastructure de Recherche Infranalytics

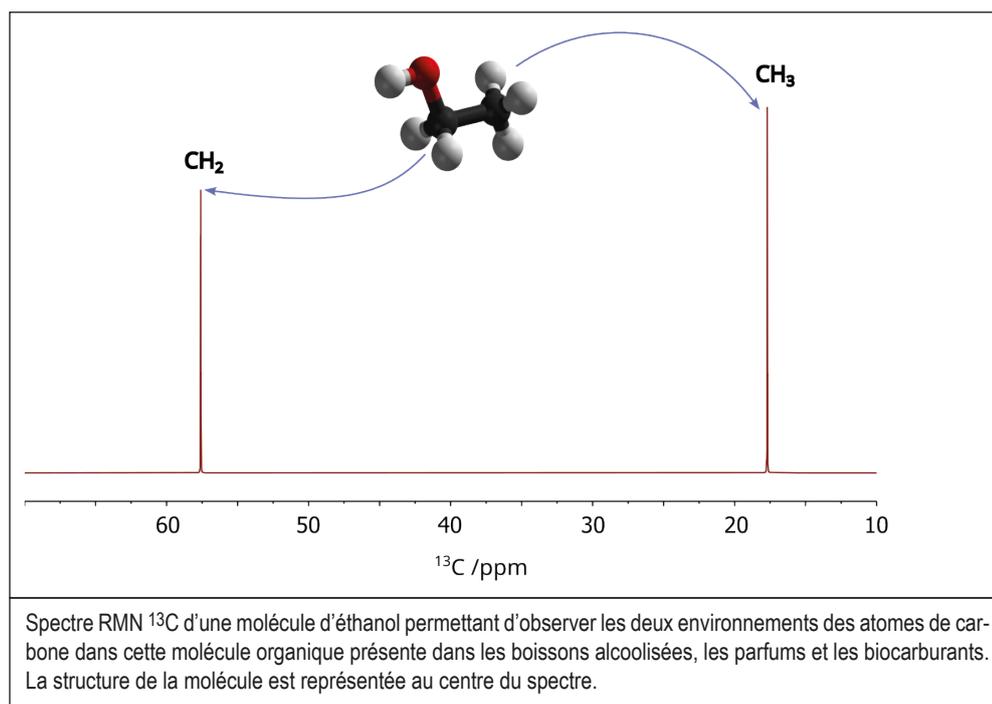
Historique du Projet CPER « RMN 1 200 MHz »



Percer la structure de la matière grâce à la RMN

La résonance magnétique nucléaire (RMN) est le phénomène physique utilisé en IRM, l'imagerie par résonance magnétique, une technique aujourd'hui largement employée en médecine. La spectroscopie RMN, une technique apparentée, fournit également **des informations uniques sur la structure des molécules et les mouvements des atomes**. Elle est ainsi devenue un outil indispensable en chimie, physique, sciences des matériaux et biologie. Elle permet, par exemple, de concevoir de nouveaux médicaments, en analysant la manière dont ils interagissent avec les protéines cibles, mais également les performances des batteries en observant les mouvements des ions. Contrairement aux techniques d'analyse structurale reposant sur la diffraction des rayons X qui nécessitent des échantillons cristallins, elle a l'avantage de pouvoir être employée pour étudier la matière désordonnée, telle que les liquides, les verres ou certains polymères.

Le principe de la RMN repose sur l'observation de la rotation des noyaux magnétiques des atomes dans un champ magnétique. Un spectromètre RMN permet en effet de mesurer, sous forme de graphiques appelés spectres, la fréquence de rotation des noyaux atomiques autour du champ magnétique produit par l'aimant. Chaque pic dans ces spectres caractérise un type d'environnement d'un atome. Les spectres RMN d'une molécule permettent ainsi de déterminer sa structure.

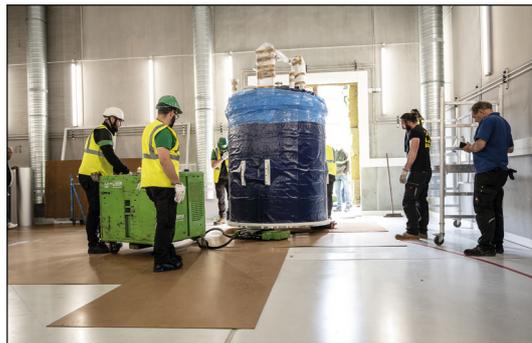


Cependant, comme le magnétisme des noyaux est beaucoup plus faible que celui des électrons, il est nécessaire d'utiliser des champs magnétiques très intenses pour pouvoir observer les noyaux. Le spectromètre RMN 1200 MHz produit un champ magnétique de 28 teslas, qui est environ 600 000 fois plus intense que le champ magnétique terrestre en France. Pour un grand nombre de noyaux, ce champ magnétique très intense permet de diviser par trois la durée des expériences RMN et d'augmenter la séparation entre les signaux RMN de presque 50 % par rapport aux précédents aimants RMN. Ce champ magnétique doit non seulement être très intense mais doit également très peu varier dans le volume de l'échantillon. Pour le spectromètre RMN 1200 MHz, ces variations doivent être inférieures à un milliardième dans l'échantillon pour pouvoir distinguer les différents environnements des atomes. Si nous faisons une analogie entre l'intensité du champ magnétique et la hauteur, cela reviendrait à construire un bâtiment, tel que la tour Montparnasse, dont la hauteur du toit ne varie pas plus que la taille d'un virus sur l'ensemble de sa surface.

Héberger un équipement de pointe : un défi technique



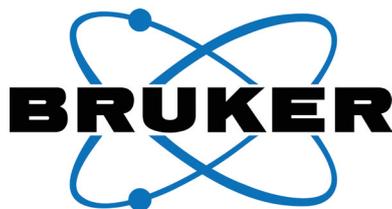
Bâtiment RMN 1200, conçu et livré par NORD FRANCE CONSTRUCTIONS.
© Université de Lille / Alexandre CAFFIAUX



Livraison de l'aimant RMN 1200 MHz, fabriqué par la société Bruker.

© Université de Lille / Alexandre CAFFIAUX

Le développement d'un aimant RMN 1200 MHz représentait un important défi technologique. **La société Bruker a dû concevoir un nouveau type d'aimant RMN** hybride combinant des bobines supra-conductrices basse-température et haute-température. En effet, ces dernières - qui contiennent des rubans de céramique, un matériau très conducteur mais extrêmement onéreux - sont les seules capables de produire un champ magnétique aussi intense et stable que celui de l'aimant RMN 1200 MHz. **La conception de ce nouvel aimant a nécessité de lever plusieurs verrous technologiques**, notamment pour connecter les différentes bobines supraconductrices entre elles et pour éviter que l'aimant ne se disloque sous l'effet des forces magnétiques. **Il est à noter que le spectromètre RMN 1200 MHz représente la première utilisation commerciale des matériaux supra-conducteurs haute-température.**



Bruker, entreprise fondée en 1960, fabrique des instruments scientifiques pour les sciences du vivant, la pharmacie et les sciences des matériaux. Elle emploie plus de 7500 personnes réparties sur 90 sites sur les cinq continents et investit près de 10 % de son chiffre d'affaires dans la recherche et le développement. Elle a notamment une usine en France à Wissembourg pour la fabrication d'aimants supraconducteurs horizontaux pour l'IRM pré-clinique et la spectrométrie de masse. Bruker est leader au niveau mondial pour la fabrication de spectromètres RMN.

Il a fallu également concevoir et construire un nouveau bâtiment sur le campus de la cité scientifique à Villeneuve d'Ascq pour accueillir ce nouvel aimant RMN, qui mesure plus de quatre mètres de haut et deux mètres de large, et pèse presque 10 tonnes. En outre, la grande stabilité du champ magnétique nécessaire aux expériences exigeait une parfaite stabilité mécanique, thermique et hygrométrique de la halle destinée à héberger le spectromètre. En dépit de l'épidémie de Covid-19 et de la pénurie de matières premières, qui en a résulté, **le bâtiment a pu être livré par la société NORD FRANCE CONSTRUCTIONS en novembre 2021 dans les délais prévus.**

Le spectromètre RMN a lui été livré en mai 2022. Sa mise en froid et en champ, qui a nécessité plus de 4000 litres d'hélium liquide, a pu être réalisée en dépit de la pénurie mondiale de ce gaz. Il a été mis en service en septembre 2022.

Des enjeux scientifiques liés aux défis sociétaux dans les domaines des matériaux et de la biologie

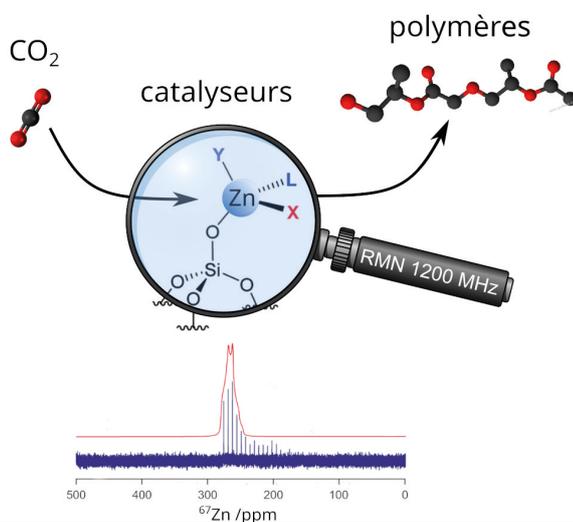
Augmenter le champ magnétique d'un spectromètre RMN permet à la fois d'améliorer la **sensibilité**, c'est-à-dire la capacité de l'équipement à analyser des molécules en très petite quantité, mais également la **résolution**, en augmentant la séparation des signaux RMN (proportionnelle au champ magnétique). Ainsi, mieux observer l'environnement des atomes dans les matériaux et les molécules biologiques est crucial pour proposer des solutions à des problèmes tels que le réchauffement climatique, l'énergie et la santé tout au long de la vie.

MATÉRIAUX

Dans le domaine des matériaux, les gains en sensibilité et en résolution permettront notamment d'**observer les défauts qui**, bien que peu abondants, **modifient de façon importante les propriétés optiques, électriques et chimiques des matériaux** utilisés dans le domaine de l'énergie ou de la santé.

Ainsi, l'équipe de résonance magnétique et matériaux inorganiques (UCCS - UMR 8181 – Université de Lille/CNRS/Université d'Artois, Centrale Lille) cherche à mieux comprendre la structure de catalyseurs qui sont actuellement développés pour transformer le dioxyde de carbone en matériaux à haute valeur ajoutée, tels que des plastiques biodégradables. Ces catalyseurs permettront de réduire les émissions de CO² et seront donc une technologie clef pour lutter contre le réchauffement climatique. Le spectromètre RMN 1200 MHz permettra notamment d'observer l'environnement local des atomes de

magnésium et de zinc à la surface de ces catalyseurs, qui ont un rôle clef dans ce processus. En effet, ces sites sont difficiles à observer avec les équipements RMN à plus bas champs car les atomes situés en surface sont peu nombreux



Le spectromètre RMN 1200 MHz permet d'observer l'environnement local des métaux Zn à la surface de catalyseurs qui sont des technologies prometteuses pour recycler le dioxyde de carbone en plastique biodégradable et ainsi contribuer à limiter le réchauffement climatique.

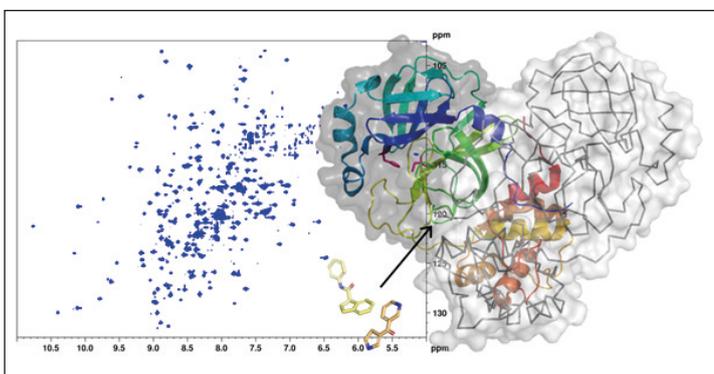
L'équipement RMN 1200 MHz sera également utilisé pour caractériser de nouveaux matériaux pour les batteries et les panneaux solaires. Il sera notamment utile pour concevoir des batteries entièrement solides, plus sûres et permettant de stocker une plus grande quantité d'énergie. Ces nouvelles batteries devraient être utilisées dans les prochaines années dans les implants médicaux, les véhicules électriques et l'aéronautique. Dans cette nouvelle génération de batteries, l'électrolyte liquide inflammable est remplacé par un solide stable à haute température. La conduction des ions dans cet électrolyte solide est assurée par la présence de défauts. Du fait de sa grande sensibilité, la RMN à très hauts champs est une méthode de choix pour caractériser ces défauts. Elle permet aussi d'observer l'élément soufre présent dans les électrolytes solides les plus performants.

Des enjeux scientifiques liés aux défis sociétaux dans les domaines des matériaux et de la biologie

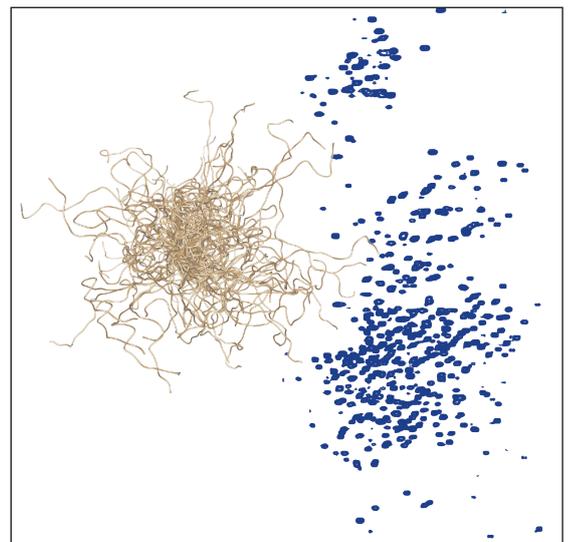
BIOLOGIE

Les biologistes utiliseront la RMN à ultra-haut champs pour étudier la structure et la fonction de protéines liées à des maladies chroniques et des infections par des bactéries et virus, dont le SARS-CoV-2. **L'instrument permettra aux chercheuses et chercheurs d'étudier les structures des molécules avec une résolution encore jamais atteinte.** Ils pourront ainsi caractériser des protéines difficiles à étudier avec d'autres méthodes, notamment de grands complexes dynamiques, des protéines membranaires qui sont cibles de nombreux médicaments, ou des protéines qui s'agrègent. De telles agrégations de protéines endommagent les cellules nerveuses, contribuant ainsi aux maladies neurodégénératives telles que la maladie de Parkinson et la maladie d'Alzheimer.

À Lille, les enjeux sont particulièrement importants pour l'équipe de Biologie structurale intégrative (BSI - EMR9002 – CNRS/Inserm/Université de Lille/Institut Pasteur de Lille) qui utilise ces données RMN pour la recherche de nouveaux traitements comme des immunothérapies dans les domaines de la maladie d'Alzheimer ou des inhibiteurs de la protéase du SARS-CoV-2 pour la recherche de composés antiviraux.



La protéase du SARS-CoV-2 est une très bonne cible thérapeutique pour le développement d'antiviraux. Son étude par RMN, qui reste un défi en raison de sa taille élevée, permet d'obtenir des informations à l'échelle atomique sur sa structure et sa dynamique en solution pour aider à la conception rationnelle d'inhibiteurs.



Cet équipement de pointe est adapté à l'étude de structures avec une haute résolution de protéines intrinsèquement désordonnées, représentées par un ensemble de conformations, car il permet d'examiner la mobilité des atomes dans une molécule sur une large gamme d'échelles de temps. C'est une base prometteuse pour des découvertes sur la structure et les mouvements des biomolécules qui pourraient à terme permettre de concevoir des composés bloquant leur agrégation dans une série de pathologies associées.

Le projet CPER « RMN 1200 MHz »

LE PROJET CPER « RMN 1200 MHz » EST COFINANCÉ PAR :

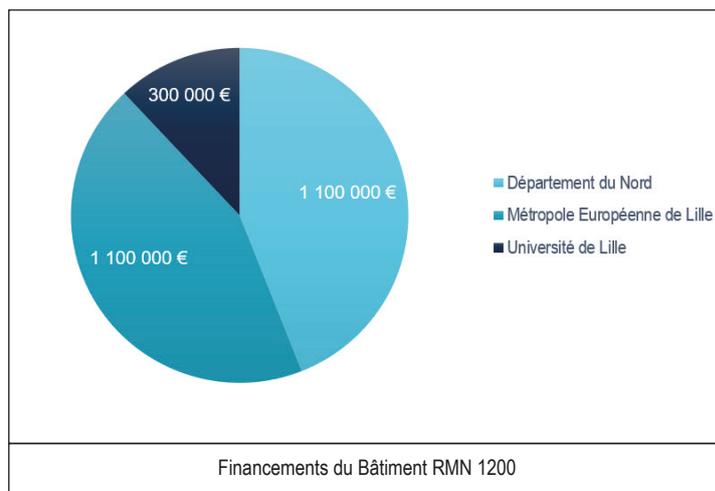
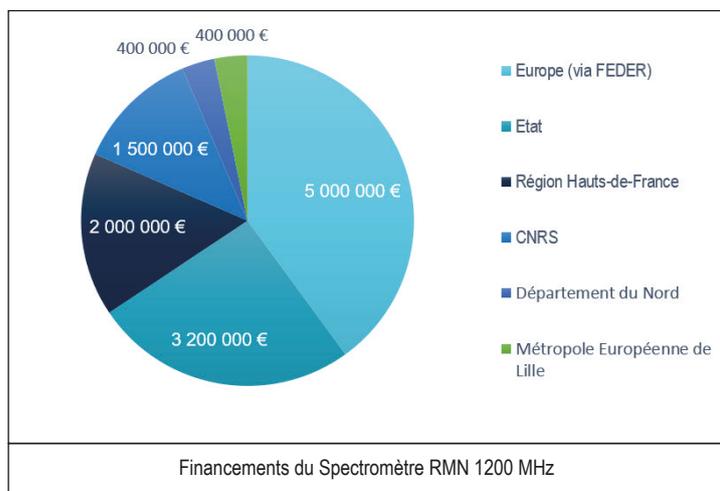
Ce projet est cofinancé par l'Union européenne avec le Fonds européen de développement régional



Un accord-cadre pour l'acquisition et l'implantation du spectromètre RMN 1200 MHz a été signé en juillet 2014 entre l'État, l'Europe (via le Fonds européen de développement régional), la Région Hauts-de-France, le Département du Nord, la Métropole Européenne de Lille, le CNRS et l'Université de Lille : **le contrat de plan État-Région (CPER) 2015-2020**. Ce contrat pour la commande du spectromètre RMN 1200 MHz était un véritable pari pour le CNRS, l'Université de Lille et les financeurs.

Au total, l'opération bénéficie d'un budget de **15 000 000 €**.

Le budget alloué à la fabrication de l'aimant est de **12 500 000 €** et le marché a été attribué par le CNRS (maître d'ouvrage « équipement ») à la société Bruker. La conception-réalisation du bâtiment destiné à accueillir ce spectromètre RMN a reçu un budget de **2 500 000 €** et le marché a été attribué par l'Université de Lille (maître d'ouvrage « bâtiment ») au groupement d'entreprises NORD FRANCE CONSTRUCTIONS, sur la base d'un projet architectural porté par l'agence ANAA.



Le projet CPER « RMN 1200 MHz »

« La Région Hauts-de-France est fière d'inaugurer le spectromètre RMN 1200 MHz, le premier équipement de ce type en France, et l'un des 7 premiers dans le monde. Cet instrument de recherche va permettre de repousser les limites de l'instrumentation RMN, et de lever des verrous scientifiques dans de nombreux domaines. Ainsi, la Région poursuit et consolide sa politique de soutien à la Recherche en Hauts-de-France, et à la RMN initiée en 1984, qui lui a permis de devenir en 20 ans l'un des meilleurs centres de RMN au niveau mondial. »

Xavier BERTRAND, Président de la Région Hauts-de-France

« Au Département du Nord, nous sommes fiers d'apporter notre soutien au spectromètre à résonance magnétique nucléaire du CNRS et de l'Université de Lille. Notre priorité est d'accompagner des projets à forte valeur ajoutée pour le rayonnement et l'attractivité de notre territoire et en conséquence, pour le quotidien des Nordistes. Le Département du Nord a ainsi fait le choix de subventionner cet équipement extrêmement innovant à hauteur de 1,5 million d'euros. Le rayonnement au sein de la communauté scientifique au niveau européen et international associé à l'intensification de l'activité industrielle, biochimique et médicale contribueront à l'image renouvelée d'un Nord économiquement dynamique et à la pointe de la recherche scientifique ! »

Christian POIRET, Président du Département du Nord

« La MEL est très heureuse d'inaugurer sur son territoire le spectromètre à résonance magnétique nucléaire (RMN). Depuis le choix du site de Lille en 2014 et la signature de l'accord-cadre 2015–2020, la MEL a suivi de très près ce projet qui confirme la vocation d'excellence scientifique de notre territoire. En produisant un champ magnétique 600 000 fois plus intense que le champ magnétique terrestre, l'ouverture du spectromètre RMN 1200 MHz va permettre à la communauté scientifique de fournir des informations uniques sur la structure des molécules et le mouvement des atomes. L'université de Lille et le CNRS bénéficieront d'une technologie de pointe pour leurs recherches. Pour accueillir un tel outil, la MEL a œuvré pour faciliter la construction d'un nouveau bâtiment sur le campus de la cité scientifique à Villeneuve-d'Ascq. Une prouesse architecturale fut nécessaire pour ce nouvel aimant RMN de plus de 4 mètres de haut, 2 mètres de large et de près de 10 tonnes. Bravo à tous nos partenaires pour ce projet ambitieux qui s'inscrit dans nos ambitions d'excellence pour le territoire. »

Damien CASTELAIN, Président de la Métropole Européenne de Lille

« L'inauguration de ce spectromètre résonance magnétique nucléaire (RMN) de nouvelle génération salue la réussite d'un projet ambitieux lancé il y a presque 10 ans avec le soutien de l'Etat, des collectivités territoriales, des forces de recherche du CNRS, de l'université et de l'Europe. Cet équipement est une clef pour acquérir des connaissances nouvelles de pointe ; il va favoriser l'interdisciplinarité et lever des verrous technologiques dans les sciences de la santé, de l'énergie et de l'environnement. »

Antoine PETIT, Président-directeur général du CNRS

« C'est un enjeu stratégique pour l'Université de Lille d'héberger un équipement scientifique, unique et de pointe, que constitue le spectromètre RMN 1 200. En lien avec le CNRS, et avec l'aide des financeurs, nous pourrons ouvrir de nouvelles voies en matière de recherche scientifique au service de l'innovation dans de nombreux domaines, et ce, afin de répondre à notre positionnement sur la question des transitions. »

Régis BORDET, Président de l'Université de Lille

Infranalytics : une infrastructure mutualisant des équipements pour sonder la matière à l'échelle atomique

Créée le 1^{er} janvier 2022 sous la forme d'une Fédération de Recherche du CNRS (FR-2054), l'Infrastructure de Recherche nationale Infranalytics émerge sur la feuille de route nationale des Infrastructures de Recherche du Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Elle mutualise aujourd'hui sur 13 sites répartis sur le territoire national, autour de 19 équipes de recherche, **les spectromètres les plus pointus ayant les plus hauts champs magnétiques dans trois techniques analytiques différentes** :



- **La résonance magnétique nucléaire à très hauts champs (RMN)** : Infranalytics compte neuf spectromètres de RMN à très hauts champs magnétiques (800 à 1 200 MHz) permettant de sonder à très haute résolution la structure et la dynamique d'assemblages moléculaires complexes.

- **La résonance paramagnétique électronique (RPE)** : Infranalytics regroupe huit spectromètres RPE avancés. Cousine de la RMN, la RPE permet d'étudier l'état et l'environnement local des éléments paramagnétiques et d'en tirer des informations sur la structure et/ou la dynamique moléculaire environnante.

- **La spectrométrie de masse FT-ICR à très haut champ (FT-ICR MS)** : Infranalytics compte six spectromètres de masse FT-ICR à très haut champ (de 7 à 12 tesla). Les champs magnétiques élevés des instruments à disposition permettent aux utilisateurs d'obtenir une très haute résolution pour la mesure des masses moléculaires au sein de mélanges très complexes.

Ces instruments exceptionnels apportent un important gain en sensibilité et en résolution qui permettent d'acquérir des données inaccessibles avec des équipements conventionnels. Leur pilotage par le CNRS, en lien étroit avec de nombreux partenaires académiques tutelles des laboratoires, apporte une cohérence et une visibilité nationale.

Les différentes techniques d'analyse et de caractérisation employées au sein de cette Infrastructure de Recherche permettent de sonder la matière à l'échelle atomique et moléculaire et d'en tirer de nombreuses informations, telles que la composition chimique, la structure et la dynamique de matériaux d'origine biologique, organique, minérale ou synthétique. Ces études permettent de répondre à d'importants défis sociétaux et trouvent des applications dans des domaines de R&D variés, tels que la santé, l'environnement, l'énergie, les matériaux innovants et l'agro-alimentaire.

Aussi, Infranalytics cultive une grande ouverture vers les industriels en proposant une gamme de services et de modes de collaboration variés, allant de la simple acquisition de spectre de routine à un accompagnement complet de projet.

Le Spectromètre RMN 1200 MHz sera ouvert, dès début 2023, à la communauté des chercheurs nationaux et internationaux via Infranalytics, qui en gèrera l'accès via des demandes de projets expertisés.



CONTACTS PRESSE

Florent **LEBRUN**

Assistant communication
CNRS - Délégation régionale
Hauts-de-France
communication@dr18.cnrs.fr
Tél : 03 20 12 58 68

Élodie **LEGRAND**

Chargée des relations presse
Université de Lille
elodie.legrand2@univ-lille.fr
Tél : 06 71 75 45 27

CONTACT CHERCHEUR

Olivier **LAFON**

Responsable scientifique du projet CPER « RMN 1200 MHz »
olivier.lafon@univ-lille.fr

Le projet CPER « RMN 1 200 MHz » est cofinancé par :

Ce projet est cofinancé
par l'Union européenne
avec le Fonds européen de
développement régional



© Claire BRACQ
© UCSS / Olivier LAFON
© Université de Lille / Alexandre CAFFIAUX
© Infranalytics / Carine VAN HEIJENOORT