

## Intitulé du stage :

**Mise en place d'une procédure de mesure de coefficient de diffusion translationnelle en phase liquide par RMN bas champ.**



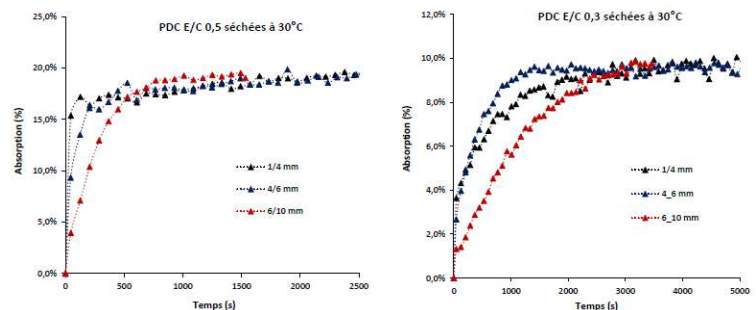
## Description du stage :

Le laboratoire Navier est mondialement reconnu pour ses investigations scientifiques sur les milieux poreux et la rhéologie, en particulier, grâce à la RMN bas champs du proton. Cet appareil est utilisé en routine pour fournir des temps de relaxation d'échantillons étudiés, dont l'évolution temporelle est porteuse de nombreuses informations analytiques. A titre d'exemples, le comportement de l'eau lors du séchage du bois (Fig. 2) ou encore lors de la prise du ciment a pu être suivi qualitativement et quantitativement par relaxométrie au laboratoire Navier. Pour ce faire, le laboratoire possède deux relaxomètres (Minispec Brüker mq20 ; Fig.1) dont un est muni d'un gradient de champ magnétique. Ce dernier permet, entre autres, de mesurer des coefficients de diffusion translationnelle. Néanmoins, le laboratoire Navier n'a pas encore exploité cette possibilité alors que savoir mesurer cette grandeur pourrait permettre, de façon originale, de compléter des investigations en cours sur des échantillons complexes qui évoluent au cours du temps. On peut citer comme exemple le cas de l'imbibition du bois dans l'eau pour laquelle l'interprétation des mesures de coefficient de diffusion translationnelle peut permettre d'améliorer les modélisations des interactions – complexes en milieux poreux - du bois et de l'eau. Dans le cas de la prise du ciment, l'accès à l'évolution de cette grandeur - corrélée à celle des temps de relaxation – pourrait permettre d'améliorer la compréhension de ce phénomène également complexe.

Ce stage de trois mois consiste donc à réaliser des premières mesures de coefficient de diffusion translationnelle sur des échantillons connus de différentes viscosités dans des conditions contrôlées grâce à une procédure standard et automatisée déjà en place. L'objectif est de pouvoir mieux appréhender divers aspects de cette méthode comme la reproductibilité, les incertitudes de mesure, la sensibilité aux conditions expérimentales (température, quantité de matière, viscosité...) ou aux paramètres de la séquence standard mis en jeu pour cette mesure, ou encore l'influence des paramètres de la séquence sur le temps de la mesure. Grâce au travail fourni par le ou la stagiaire, la plate-forme IRM/RMN du laboratoire Navier pourra ensuite proposer non seulement des mesures de coefficient de diffusion translationnelle mais aussi un cadre scientifique plus rigoureux fondé sur des données de terrain ainsi qu'une utilisation de cette séquence facilitée par une fiche technique, réalisée par le ou la stagiaire, adaptée aux besoins du laboratoire.



*Fig. 1 : 2 Minispec Brüker mq20 au laboratoire Navier*



*Fig. 2 : Cinétique d'absorption d'eau dans des mélanges pâtes de ciment - granulats pour différentes tailles de granulats à deux rapports eau/ciment, obtenue par des mesures quantitatives de RMN au laboratoire Navier (Thèse Florian Thérény, 2019)*

## Responsable du stage :

Benjamin Mailet, ingénieur de recherche sur la plate-forme IRM/RMN du laboratoire Navier.

[benjamin.mailet@ifsttar.fr](mailto:benjamin.mailet@ifsttar.fr)

01 81 66 84 62

## Durée du stage :

3 mois

## Niveau :

De L2 (ou équivalent) à M1 (ou équivalent).

#### Rémunération accordée par l'IFSTTAR :

Indemnité légale.

#### Laboratoire d'accueil :

Laboratoire Navier à Champs-sur-Marne

Directeur du laboratoire : Karam Sab

#### Equipe :

Rhéologie et milieux poreux.

Responsable d'équipe : Xavier Chateau.

#### Plate-forme expérimentale :

Plate-forme IRM/RMN du laboratoire Navier.

#### Equipement mis en jeu lors du stage :

RMN du proton bas champ (Minispec Brüker mq20) muni d'un gradient de champ.

#### A fournir par voie électronique :

Un CV et une lettre de motivation à envoyer à

Benjamin Maillet ([benjamin.maillet@ifsttar.fr](mailto:benjamin.maillet@ifsttar.fr)) et Jaime Elias Gil Roca ([jaime.gil@ifsttar.fr](mailto:jaime.gil@ifsttar.fr)).

#### Connaissances requises :

Connaissances de base de chimie. Connaissances de base de mécanique des fluides (diffusion, viscosité). Notions sur les incertitudes de mesure. Notion d'étalonnage.

#### Compétences opérationnelles :

Application rigoureuse de la démarche expérimentale. Adaptation à un logiciel fourni avec un équipement instrumental. Fabrication de solutions aqueuses. Exploitation de données expérimentales sur tableur. Traçabilité des résultats expérimentaux. Communication synthétique des résultats expérimentaux. Rédaction d'une fiche technique.

#### Environnement de travail :

Le Laboratoire Navier est une unité mixte de recherche (UMR 8205) commune à l'IFSTTAR, à l'ENPC et au CNRS, située à Champs sur Marne (77) sur la Cité Descartes. Il mène des recherches fondamentales et appliquées dans les domaines de la mécanique et de la physique des matériaux et des structures, et de leurs applications à la géotechnique, au génie civil, à la géophysique et à l'exploitation pétrolière. Depuis presque vingt ans, le laboratoire utilise la Résonance Magnétique Nucléaire et l'Imagerie pour étudier les propriétés des matériaux du génie civil et de l'environnement. Depuis les moyens d'imagerie ont été complétés par un microtomographe X et un microscope confocal. Les thèmes étudiés comptent l'écoulement des émulsions ou des suspensions (ciment liquide, boues de forage), la sédimentation des vases, la floculation pour le traitement des eaux, la caractérisation microstructurale de matériaux poreux, les phénomènes de transport ou changements de phase en milieux poreux : cristallisation, hydratation, cycles imbibition-séchage dans la pierre, le ciment, le bois, les sols, ...). A plusieurs reprises ces travaux, au caractère original, ont été salués (citations, distinctions, prix) par la communauté scientifique.

Le parc expérimental RMN comprend un Spectromètre-IRM prototype Brüker proton à 20 MHz de 20 cm de diamètre (mais également équipé d'une sonde  $^{19}\text{F}$ ) adapté aux échantillons massifs fortement hétérogènes, et doté de divers dispositifs de sollicitation au sein même de l'aimant (rhéomètres, seringue d'extrusion, cellule thermostatée) qui sont tous des prototypes originaux développés au laboratoire. Il est complété par deux Minispec Brüker de 20 MHz permettant la régulation thermique des échantillons sur une vaste gamme de températures. Ce parc, actuellement rattaché à l'équipe de recherche *Rhéologie et milieux poreux*, accueille régulièrement une dizaine d'étudiants de l'équipe, mais aussi des chercheurs d'autres équipes du laboratoire ainsi que des personnes extérieures dans le cadre de projets académiques et de contrats industriels.

Les membres de l'équipe IRM (1 chercheur, 1 ingénieur de recherche et 1 ingénieur d'étude) prennent part à l'élaboration et au suivi des projets, définissent les montages expérimentaux à réaliser en lien avec l'équipe technique du laboratoire, développent la méthodologie RMN adaptée aux études et assurent son suivi et sa valorisation. Celle-ci est essentiellement de type *RMN proton bas champ* appliquée à l'étude des écoulements et du transport en milieux poreux.