

Conception et fabrication d'un rhéomètre insérable dans un Imager à Résonance Magnétique



David HAUTEMAYOU, Pascal MOUCHERONT et Cédric MEZIERE

Équipe Technique Transversale (ETT), Université Paris-Est,
Laboratoire Navier UMR8205, 2 Allée Kepler, Champs sur Marne



Navier

UNIVERSITÉ
— PARIS-EST

PRÉSENTATION :

Le laboratoire Navier est une UMR commune à l'Ecole des Ponts ParisTech, au CNRS et à l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. Il réunit 140 personnes. Les recherches menées concernent la mécanique et la physique des matériaux et des structures, et leurs applications à la géotechnique, au génie civil, à la géophysique et à l'exploitation pétrolière. Les études sont à la fois expérimentales et théoriques. Elles s'appuient sur de grands équipements dont certains sont uniques en leur genre, comme l'imager par résonance magnétique nucléaire, le microtomographe à rayon X ou l'Appareil à Cisaillement Simple Annulaire.

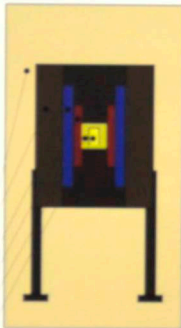
L'Équipe Technique Transversale est chargée de la conception, la fabrication, la mise en oeuvre et le suivi des éléments d'infrastructure et des dispositifs expérimentaux de la plate forme couplée à l'Imager par Résonance Magnétique du Laboratoire Navier. Son rôle est d'adapter des machines d'essai et de développer des dispositifs originaux, modulaires et ergonomiques intégrés à l'IRM. Elle a acquis des compétences et un savoir faire pour respecter les contraintes spécifiques de l'IRM et des dispositifs insérables.



L'IRM :

Axe vertical
Diamètre 20 cm
Bas champ, 0,5 Tesla
Contraintes spécifiques RMN

Les différentes zones:
La cage de Faraday
L'aimant
Les bobines de gradient
L'antenne radio-fréquence
Le champ de vue
L'échantillon



LA PLATE FORME :

Un bâti Norcan recouvre l'aimant sur sa partie supérieure. Un pont roulant est utilisé pour le montage et le démontage des dispositifs. Un ascenseur vertical permet de monter et descendre les échantillons dans le champ de vue.

Malgré les dimensions de la cage de Faraday, 3,7m X 3,8m X 6m, l'encombrement disponible autour de l'imager est restreint pour la manipulation et l'installation des dispositifs.

Le rhéomètre mesure 3,6m de hauteur et son bâti support 480mm X 510mm X 2000mm.



DÉFINITIONS:

La rhéologie (du grec rheo, couler et logos, étude) est l'étude de la déformation et de l'écoulement de la matière sous l'effet d'une contrainte appliquée. Dans la pratique, la rhéologie est une extension des disciplines telles que l'élasticité et la mécanique des fluides newtoniens, aux matériaux dont le comportement mécanique ne peut être décrit par ces théories classiques. Elle permet également de déterminer les propriétés mécaniques macroscopiques à partir d'une étude basée sur la structure micro ou nanoscopique du matériau, par exemple la distribution de taille de particules dans une suspension solide.

Un **rhéomètre** est un appareil de laboratoire capable de faire des mesures relatives à la rhéologie d'un matériau. Il applique un cisaillement ou une oscillation à l'échantillon. Généralement de faible dimension caractéristique, il permet d'observer la façon dont s'écoule un liquide, une suspension ou une pâte en réponse à une force appliquée.

SPÉCIFICITÉS TECHNIQUES:

Le moteur de type 'brushless' à un couple crête de 127 Nm et un couple continu de 10 Nm. Sa fréquence de rotation peut varier de 1.10^4 à 1000 Tour/min.

Il est piloté par une interface 'maison' et est asservi en position sur le codeur (18000pas/tour) situé plus bas.



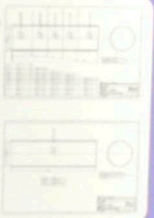
Afin d'assurer la modularité, la flexibilité et la qualité de finition de la plate forme qui supporte le rhéomètre le bâti est en profilé d'aluminium. Une première structure est fixée sur la plate forme de l'aimant et une seconde, mobile, permet la translation verticale du corps du dispositif par le biais d'un système de déplacement.



Nous avons intégré un sous ensemble amagnétique composé d'un roulement à bille spécifique et compact qui a la particularité d'avoir un passage intérieur large et d'être pré-contraint, et de l'ensemble codeur de position et piste de lecture asservi au moteur.



La structure du rhéomètre est composée de 4 tubes, le supérieur extérieur en duralumin, le supérieur intérieur en fibre de carbone et les 2 tubes inférieurs sont en fibre de verre et résine époxy.



Afin d'assurer le montage dans l'aimant et la cage de Faraday, l'arbre principal est en 2 parties. La liaison entre les parties doit transmettre le couple et être démontable. Nous avons choisi une liaison cannelée NFE 22-141 70X12X25 avec une oxydation anodique dure en surface.



Les collages ont été prévus à la conception du dispositif pour laisser les sur épaisseurs nécessaires. Nous avons choisi des colles bi-composant méthacrylate et époxyde. Nous avons effectué des essais sur des pièces martyres afin de valider nos choix.



Lors de la conception, nous privilégions la fabrication en interne avec les moyens de notre atelier. Photo de gauche : Usinage sur fraiseuse conventionnelle et plateau diviseur de l'entretoise qui permet d'adapter les outils de rhéologie (cône, plan, cylindre...) existants ainsi que les futurs outillages.

La partie active du rhéomètre qui se trouve dans le champ de vue de l'IRM est en matériaux PMMA et PVC. Cette géométrie est dite de 'Couette' (cylindre/cylindre). Il en existe d'autres, par exemple: cône/plan, plan/plan, vane/cylindre. Les roulements à bille qui se trouvent juste au dessus sont en céramique.

