

■ **Micro-Nano-Systèmes Multiphysiques : sources de nouvelles fonctionnalités et d'innovation dans l'ingénierie des Micro-Nano-Systèmes,**

à Centrale Lille, les 11 et 12 juin 2019

Pour le tout premier stage LIESSE proposé par l'École Centrale de Lille, ce fut un sans-faute. Bien qu'il n'y ait eu que quatre participants (trois collègues de sciences physiques et une collègue de SI), l'école a maintenu ce stage de deux jours. Le programme fut riche et varié avec des aspects théoriques, expérimentaux et numériques sur les Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS).

Le premier jour, nous avons été accueillis par M. Duflos, Directeur de l'école, qui nous a décrit la formation d'ingénieur généraliste à Centrale Lille, l'importance de ses laboratoires de recherche, ainsi que les perspectives d'évolution. La matinée, M. Pernod, Directeur de la recherche, nous a présenté les MEMS sous ses aspects théoriques, suivis d'exemples concrets d'application (capteurs et actionneurs). Les MEMS mettent généralement en jeu des couplages entre divers phénomènes physiques (mécaniques, acoustiques, électriques, magnétiques, optiques, thermiques), avec des échelles allant du millimètre jusqu'à la dizaine de nanomètres. M. Pernod et plusieurs chercheurs se sont focalisés sur des effets non linéaires et l'existence d'instabilités dans ces systèmes multiphysiques, de sorte qu'ils ont des propriétés remarquables comme des sensibilités extrêmes ou encore un contrôle à l'aide d'une très faible puissance. Parmi les exemples cités, on retrouve fréquemment le dispositif de micro-poutre, décliné en diverses versions, et la micro-membrane. Des détails sur la réalisation pratique de ces dispositifs ont également été présentés (afin, par exemple, de désolidariser le rotor d'un micro-moteur de son substrat). Hélas, le temps a manqué pour terminer cette longue présentation, qui était tirée de cours donnés aux élèves-ingénieurs de l'école.

L'après-midi, M. Bou Matar et M. Talbi, professeurs à Centrale Lille, ont présenté deux instruments de caractérisation et d'observation de MEMS : un vibromètre laser (pour observer les vibrations d'une poutre AFM piézo) et une caméra IR (pour analyser les transferts thermiques d'un anémomètre à microfil chaud). Ces démonstrations ont eu lieu à l'Institut d'Électronique, Microélectronique et Nanotechnologie (IEMN), UMR commun à Centrale Lille et au CNRS.

Enfin, M. Pernod nous a accompagnés au CEATech de Lille, un des centres régionaux du CEA chargés des transferts de technologie et d'accompagnement aux entreprises innovantes. Là-bas, un docteur-ingénieur de Centrale Lille nous a expliqué que son organisation se situait à cheval entre la recherche fondamentale ou appliquée et la commercialisation industrielle d'un produit innovant. Dans son showroom, il nous a présenté des purificateurs d'air, des capteurs embarqués dans une raquette de tennis, des dispositifs de reconnaissance par ordinateur, un système de gestion de batteries. . .

La soirée s'est passée dans un restaurant dans le Vieux Lille, où nous avons échangé notamment sur nos métiers respectifs et sur les mutations rapides et profondes qui touchent les mondes de la recherche et de l'enseignement supérieur en France.

Le lendemain, la matinée a consisté, guidé par M. Bou Matar, à étudier une micro-poutre piézoélectrique composite (comportement statique en charge, puis étude dynamique avec recherche des modes de vibration en flexion, torsion. . .) à l'aide du logiciel COMSOL (avec

une modélisation en éléments finis pour la mécanique et l'électrostatique). On a pu appliquer un tutoriel (en anglais mais bien conçu) dédié à la simulation du comportement d'une micro-pince, pour découvrir ce logiciel assez complexe mais très puissant (que les élèves-ingénieurs utilisent eux-même), avant de l'exploiter pour étudier nous-même la micro-poutre.

Enfin, l'après-midi, M. Pernod nous a fait une ultime visite de l'IEMN, avec la présentation de nombreux bancs d'essai et d'expériences, notamment en micro-fluidique et un aperçu des salles blanches du laboratoire. Il faut souligner les exceptionnels matériels et instrumentations disponibles, qui placent le laboratoire parmi les meilleurs mondiaux dans ses domaines d'expertise (avec de nombreux brevets déposés chaque année), et dont bénéficient indirectement les élèves-ingénieurs au travers des enseignements et des travaux pratiques donnés par les enseignants-chercheurs.

L'École Centrale de Lille fait parfois partie des Grandes Écoles boudées par certains de nos étudiants, à cause d'idées reçues sur la localisation ou sur le concept d'ingénieur généraliste. Pourtant, le campus universitaire de Lille est très agréable, avec beaucoup d'espaces verts, une desserte directe par le métro et une concentration d'écoles, d'universités et de laboratoires renommés. Le centre de la Belle du Nord n'est qu'à 15 minutes en métro. D'autre part, M. Pernod a insisté sur le fait qu'être ingénieur généraliste et acquérir de l'expertise dans la physique théorique et expérimentale ou dans les technologies de pointe était parfaitement compatible.

Nous tenons à souligner l'excellent sens pédagogique des intervenants et leur enthousiasme pour partager leur travail et nous le rendre accessible. Enfin, nous remercions vivement l'École Centrale de Lille pour l'organisation impeccable de ce stage et la prise en charge intégrale des frais (transport, hébergement, restauration, clé USB). Avec de tels efforts et une telle qualité, on ne peut que recommander à nos collègues d'y participer dans le futur.

Stéphane Groult