

## COMPTE RENDU DES JOURNÉES TECHNIQUES DU CFM

# Quoi de neuf en débitmétrie liquide ?

Le 2 avril dernier, le Collège français de métrologie organisait une journée technique sur le thème de la débitmétrie liquide, en s'attachant à présenter les dernières avancées, en particulier technologiques de ce domaine en constante évolution. Différents intervenants experts dans ce domaine ont pu apporter leur témoignage et présenter des exemples et retours d'expérience concrets.

Cette journée s'est ouverte sur une présentation de Florestan Ogheard du Cetiati qui était aussi le copilote de la journée et qui a largement contribué à sa programmation. Mr Ogheard a présenté un panorama des dernières innovations en débitmétrie liquide. Il s'est attaché tout d'abord à présenter les développements des mesures existantes avec les débitmètres à usage unique permettant la mesure de faibles débits (inférieurs à 1 litre /h) adaptés aux applications médicales, intégrant la détection de bulles d'air et selon les types, la mesure de température intégrée et d'autres modèles permettant la mesure de débits plus importants (< 4 500 litres /h) pour des applications par exemple en chromatographie ou biopharmaceutique. Par ailleurs, pour des applications en chimie, pétrochimie ou procédés industriels, de nouveaux modèles de débitmètres à ultrasons à temps de transit sont particulièrement adaptés car ils permettent d'opérer sur une plage de température étendue de -190°C à +600°C. Certains modèles sont particulièrement simples à mettre en œuvre avec une électronique enclipsable. Les désormais classiques débitmètres massiques à effet Coriolis continuent de s'améliorer avec des mesures de débits pouvant aller jusqu'à 550 000 litres /h sur des plages de température de -196°C à +200°C tout en conservant une exactitude de 0,1% VM (valeur mesurée). Ensuite, Florestan Ogheard a présenté les nouvelles méthodes de mesure. On a pu voir notamment l'utilisation des ondes acoustiques de surface, désormais implémentées dans des capteurs industriels. Permettant des mesures de débits allant jusqu'à 90 000 litres /h,

elles sont particulièrement adaptées au domaine de l'agroalimentaire, sans perte de charge et stérilisables. Du côté des microdébits, on retrouve les MEMS mettant à profit l'effet Coriolis à petite échelle. Ils permettent des mesures de débit inférieures à 2 g /h. Enfin ont été présentées les dernières évolutions en termes d'étalonnage avec en particulier le développement d'un nouveau banc par le x. Cela revient à mesurer une goutte tous les 35 jours ! Une seconde présentation de Florestan Ogheard s'est focalisée sur une nouvelle méthode d'étalonnage, la méthode dynamique. Le développement de cette méthode part du constat d'un décalage entre les conditions d'étalonnage (stables et sur une longue durée) et les conditions de mesures réelles (instable et souvent sur des temps courts, notamment lorsqu'il y a une boucle de régulation du débit). Un des premiers problèmes est le temps de réponse long des débitmètres pouvant aller jusqu'à plusieurs secondes voire dépasser les 10 secondes. Une application où cet effet peut avoir des conséquences économiques majeures est celle par exemple des compteurs d'eau domestique. Des travaux réalisés pour cette application dans le cadre du projet européen Metrowamet en cours, a pour but de stimuler l'innovation, faire évoluer les normes et vise à faire émerger une méthode d'étalonnage permettant d'atteindre des temps d'établissement inférieurs à 0,1 s et de mesurer des débits de 1 g/h à 15000 kg/h au sein des laboratoires références nationales en débitmétrie liquide partenaires du projet. Cette méthode sera validée par des comparaisons interlaboratoires à travers le réseau Euramet en 2020.

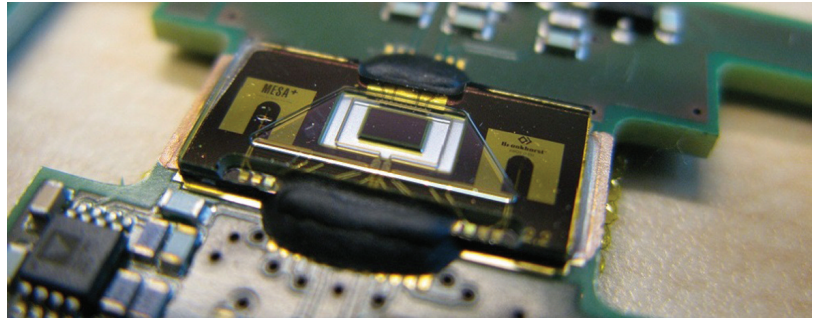
Les présentations se sont poursuivies par une intervention de Frédéric Rufi de la société Bürkert qui a présenté un débitmètre mettant en œuvre la technologie citée précédemment des ondes acoustiques de surface. La présentation a insisté sur la différence avec la mesure classique par ultrasons. Sous l'effet d'un transducteur interdigité, spécialement conçu et protégé par une famille de brevets, les ondes acoustiques de surfaces se développent à la surface du tube transportant le fluide et se couplent à celui-ci sous la forme d'une onde de compression. Quatre transducteurs pouvant agir comme émetteur et récepteur sont actifs et couplés. Les temps de transit des ondes ainsi générées sont directement liés à la nature et la vitesse du fluide dans le conduit, ce qui permet de remonter au débit. Cette méthode est particulièrement robuste vis-à-vis des variations de température. Elle ne présente pas les inconvénients des mesures électromagnétiques qui requièrent une conductivité non nulle du fluide, les débitmètres Coriolis avec des pertes de charge, et les débitmètres à ultrasons avec une installation parfois délicate.

Lionel Matthys, le CTO de la société Fluigent a ensuite pris la parole pour présenter les développements des technologies microfluidiques en particulier sur la génération et la régulation de débits. La microfluidique est un domaine de recherche assez récent qui trouve ses sources en particulier dans l'observation du monde vivant (animal avec les capillaires sanguins ou végétal avec la propagation de la sève dans les feuilles d'arbre). La microfluidique a été mise à profit dans les imprimantes à jet d'encre ou encore les cytomètres en flux.

La réalisation de systèmes utilisant la microfluidique repose au départ sur la génération de particules de manière répétée. Elle ouvre la voie des technologies Lab-on-a-chip pour des applications notamment de médecine personnalisée où les laboratoires se rapprochent des patients. Pour ces technologies, la génération et la maîtrise des débits est clé. Fluigent a développé une expertise au départ sur les pompes de pression et la mesure des débits pour débits allant de 1 à 500 microlitres / min pour des applications biologiques par exemple. Son expertise s'est élargie naturellement vers les boucles de régulation en débit en partant du traditionnel PID pour aller vers des algorithmes fonctionnant par apprentissage temps réel permettant de compenser les effets de crosstalk et d'éviter les overshoots. Lionel Matthys conclut sur les besoins forts de collaborations avec les acteurs de la métrologie.

C'est Yann Le Guenou de Bronkhorst qui prend le relais en présentant des retours d'expériences sur le microdosage. Le premier sujet concerne les mesures de microdébits par débitmètre massique Coriolis. Il n'est jamais inutile et toujours intéressant de rappeler l'origine d'un effet physique avec la mise en évidence en 1835 par Gustave Gaspard Coriolis de l'effet éponyme : la déviation apparente d'un objet en mouvement dans un référentiel en rotation. Ce même effet que l'on expérimente lorsque l'on marche dans le train et que l'on ressent une force latérale lorsque le train se trouve dans une courbe. L'effet Coriolis est implémenté avec succès en mesurant la déformation d'un tube en mouvement lors du passage du fluide. Il permet des mesures répétées avec une grande justesse, quelles que soient la nature et la phase des fluides mesurés et ce sur des plages de débits très larges, en adaptant bien sûr la géométrie des tubes et donc du capteur. Ces débitmètres sont implémentés très efficacement dans des boucles de régulation avec vannes et algorithme de régulation type PID.

Pour la mesure de petits débits, Yann Le Guenou présente la technologie des débitmètres à ultrasons à temps de



© Bronkhorst

transit qui est non intrusive avec une conception hygiénique insensible aux vibrations. Enfin, la maîtrise de ces technologies permet le développement de systèmes complets applicables à des cas complexes par exemple les dosages d'additifs. Dans ce cas, l'utilisation d'un débitmètre massique Coriolis présentant une grande exactitude de mesure est requise. La conception de tels systèmes depuis le choix des composants (capteurs, actionneurs) jusqu'aux fonctionnalités logicielles ne peut se faire qu'en ayant à la fois une compréhension fine du besoin et une connaissance détaillée des composants, de leurs caractéristiques, leurs performances et comment celles-ci influent sur les performances globales.

Oras Abbas de Trescal a présenté ensuite un retour d'expérience sur les méthodes d'étalonnage de débitmètres liquides. Tout d'abord une présentation des activités du laboratoire de débitmétrie de Cherbourg met en évidence la diversité des débitmètres étalonnés : à ultrasons, à turbine, électromagnétiques, à flotteur, Coriolis, à liaison magnétique, compteurs d'eau. Oras Abbas présente ensuite la caractérisation et la validation d'une méthode d'étalonnage par comparaison à des débitmètres Coriolis. Cette méthode s'avère reproductible ; les incertitudes revendiquées sont validées par correspondance à une méthode accréditée ; elle apporte un gain de temps significatif et permettra d'étalonner 80 % des appareils à étalonner.

Pour finir cette journée, un retour d'expérience présentant aussi les enjeux associés à la mesure de débit liquide en centrale nucléaire a été donné par Emmanuel Thibert d'EDF. La mesure de débits en particulier d'eau est au

cœur de la performance des centres de production d'électricité d'EDF. Elle aussi fondamentale pour la validation des codes de calculs. La méthode présentée pour la mesure de débit d'eau est la mesure par diaphragme. Une étude détaillée des différents paramètres (notamment géométrique...) influençant la mesure est présentée. Des résultats de simulation et comparaison à d'autres modalités de mesure permettent d'avancer dans la compréhension du modèle et l'adéquation aux résultats de mesure. Enfin, l'intervention s'achève par la présentation du banc Everest.

## Conclusion

En conclusion, la débitmétrie liquide est un domaine qui est mature avec des technologies comme la débitmétrie Coriolis bien connue aujourd'hui, maîtrisée et déployée largement, mais qui par ailleurs ne cesse d'évoluer soit dans le développement des technologies existantes soit dans le développement de nouvelles technologies par exemple les ondes de surface. Les évolutions vers les microdébits ouvrent la voie vers la micro et nanofluidique qui sont un champ d'expérimentation qui verra sans aucun doute pousser de nouvelles innovations qui impacteront la biologie, la chimie, la médecine dans un futur proche.

### en plus

Lors du congrès international de métrologie (CIM2019) qui aura lieu du 24 au 26 Septembre 2019 à Paris en parallèle du salon Measurement World, une session orale « Innovations en débitmétrie » et une session posters « Débit » présenteront les dernières avancées dans ce domaine d'experts internationaux.

Plus d'informations ici :

<http://www.cim2019.com/>