Paniah Valère PT

Etude du fonctionnement du débitmètre à ultrasons

Thème 2026/2027 : « Sobriété, efficacité et optimisation »

L'accès à l'eau possède une place centrale dans la société d'aujourd'hui. En effet, de nombreuses industries reposent sur un apport en eau régulier (d'une qualité variable en fonction de son usage).

Par exemple, il est fréquent dans certaines usines d'utiliser le découpage au jet d'eau pour réaliser des pièces ; il est alors essentiel d'avoir une eau fournie avec un bon débit volumique — assez haut pour réaliser le découpage, assez bas pour éviter un gaspillage de la ressource — de manière à remplir un cahier des charges imposé.

Ainsi, au regard du thème de l'année, j'ai trouvé pertinent de traiter du fonctionnement d'une des variantes du débitmètre : le débitmètre à ultrasons.

Professeur encadrant du candidat :

Positionnement thématique :

PHYSIQUE (Physique ondulatoire), PHYSIQUE (Électricité), SCIENCES DE L'INGÉNIEUR (Électronique)

Mots-clés :

Mots-clés (en français):	Mots-clés (en anglais) :
Débit	Flow
Ondes sonores	Sound Waves
Circuit électronique	Electronic circuit
Débitmètre	Flow meter
Capteurs	Sensors

Bibliographie commentée :

Le principe de fonctionnement d'un débitmètre à ultrasons est le suivant : deux capteurs munis d'émetteurs et de de récepteurs sont disposés en aval et en amont d'un conduit à travers lequel passe un fluide (1) (2). Lors du fonctionnement, les deux émetteurs envoient des ondes ultrasoniques à travers le fluide. Selon que l'émetteur soit en aval ou en amont du fluide, on observe que la durée de trajet de l'onde varie (3).

En théorie, il est alors possible de déterminer une relation entre le débit et cette différence de temps de parcours. Ici, on cherchera alors à réaliser un débitmètre à ultrasons artisanal à partir d'une carte électronique Arduino. Pour ce faire, nous nous proposons d'établir un modèle comportemental des ondes sonores dans le fluide, ce qui pourrait représenter une difficulté majeure.

Néanmoins, il semblerait qu'aujourd'hui, il y ait eu un développement conséquent de l'usage d'ondes ultrasoniques (2). En effet, jusqu'à maintenant les mesures acoustiques étaient

principalement effectuées sur les ondes dans le domaine de l'audible. Aujourd'hui, l'usage des OAU s'étant démocratisé dans divers domaines (nettoyage ultrasonique entre autres), il est devenu pertinent de les étudier. Pour ce faire, on peut, par exemple, réaliser des études en "Free-Field", c'est-à-dire, sans obstacle et réflexion parasite. Cependant, cela n'est pas l'objet de notre étude.

Problématique retenue

La mesure du débit d'eau est-elle suffisamment précise pour être utilisée dans des réseaux hydrauliques ?

Objectifs du TIPE du candidat

/ Étudier la propagation des ondes ultrasonores dans un fluide en mouvement

/ Établir un modèle théorique reliant le temps de propagation au débit volumique du fluide

/ Réaliser un dispositif expérimental piloté par Arduino

/ Évaluer les sources d'erreur et les limites du dispositif

/ Discuter l'intérêt des débitmètres à ultrasons dans une démarche d'optimisation énergétique

Références bibliographiques :

1) John M. Cimbala, Yunus A Cengel : *Mécanique des fluides 2^{e} édition*, Traduction de 2017
2) Ben Piper: '*The upper limits…please stand by' – the measurement of airborne ultrasound*, 2016, Institute of Acoustics
3) Principe de mesure du débit par ultrasons : *https://www.ca.endress.com/fr/apercude-l-assistance/academie-en-ligne/principe-mesure-debit-ultrasons-methodes#toc00*