

**OBJECTIF**  
**Étudier les caractéristiques fondamentales des liquides à écoulement stationnaire et laminaire en utilisant le procédé par ultrasons à effet Doppler**

## > EXERCICES

- Mesurer le décalage de fréquence Doppler à différentes vitesses de pompe et les chutes de pression sur des tubes verticaux.
- Déterminer les débits, les résistances à l'écoulement et la viscosité dynamique du liquide Doppler à l'aide de l'équation de continuité, l'équation de Bernoulli et l'équation de Hagen-Poiseuille.
- Calculer les nombres de Reynolds pour différentes vitesses d'écoulement et différents diamètres de tube.

## RESUME

Les mesures d'écoulement effectuées selon le procédé par ultrasons à effet Doppler sont utilisées pour démontrer les lois fondamentales qui régissent l'écoulement des liquides dans les tuyaux et leur rapport de dépendance vis à vis de la vitesse d'écoulement et de la géométrie du tuyau. On examine la relation existant entre la vitesse d'écoulement et la section transversale du tuyau (condition de continuité) de même qu'entre la résistance à l'écoulement et le diamètre du tube (loi de Hagen-Poiseuille).

## DISPOSITIFS NECESSAIRES

Nombre	Appareil	Référence
1	Doppler à ultrasons	1022330
1	Sonde à ultrasons 2MHz GS200	1018618
1	Jeu de prismes Doppler et tubes d'écoulement	1002572
1	Colomnes montantes pour la mesure de pression	1002573
1	Liquide fantôme Doppler	1002574
1	Pompe centrifuge	1002575
1	Gel de branchement pour ultrasons	1008575

## GENERALITES

Les applications de l'effet Doppler dans le secteur du diagnostic médical sont l'examen de mouvements de circulation et de structures en mouvements telles que dans le domaine du diagnostic cardiologique, les vaisseaux sanguins artériels et veineux, la circulation du sang dans le cerveau de même que le contrôle post-opératoire des vaisseaux sanguins.

Un liquide à écoulement stationnaire est caractérisé par un flux constant de liquide à chaque point du système. Par conséquent, l'équation de continuité pour deux zones différentes de tube  $A_1$  et  $A_2$  est la suivante :

$$(1) \quad A_1 v_1 = A_2 v_2 = \dot{V} = \text{const.}$$

$v_1$  et  $v_2$  étant les vitesses moyennes dans la section respective et  $\dot{V}$  le débit (volume par unité de temps). La pression statique dans un liquide en écoulement est toujours inférieure à celle d'un liquide inerte et diminue au fur et à mesure que la vitesse d'écoulement augmente (équation de Bernoulli). Pour l'écoulement à travers un tube horizontal (sens pression de la gravité), la pression totale  $P_0$  est :

$$(2) \quad P + \frac{1}{2} \rho v^2 = P_0$$

$P_0$  est uniquement constante dans un liquide qui n'est soumis à aucun frottement. Dans un écoulement affrété à un frottement, la pression totale diminue en fonction de la viscosité  $\eta$ , de la longueur  $l$ , de la section transversale  $A$  de la zone traversée et du débit  $\dot{V}$ . Pour les liquides ne possédant pas de viscosité d'écoulement trop élevée (écoulement laminaire) dans des tubes étroits, la loi de Hagen-Poiseuille s'applique à la chute de pression  $\Delta p$  :

$$(3) \quad \Delta p = R \dot{V}$$

$$(4) \quad R = \frac{8 l}{\pi r^4 \eta}$$

où  $r$  est le rayon du tube et  $l$  la longueur. En d'autres termes, une réduction de moitié du diamètre du vaisseau entraîne une augmentation multipliée par 16 de la résistance à l'écoulement. C'est selon ce principe que les vaisseaux sanguins régulent la distribution du sang entre les extrémités et les organes internes.

On procède au montage d'une circulation constituée de 3 lignes de tubes de longueurs égales mais de diamètres différents. Un point de mesure de diamètre identique se trouve au début et à la fin de chaque ligne. La vitesse moyenne est mesurée sur les lignes de tubes pour 3 débits différents (3 tensions différentes sur la pompe centrifuge) au moyen d'un prisme Doppler et du FlowDop. Les vitesses d'écoulement mesurées étant connues, le débit peut être déterminé d'après (1) puis comparé. La chute de pression due à la résistance à l'écoulement peut être mesurée aux points de mesure. En calculant le débit à partir de (1), il est possible de déterminer la résistance à l'écoulement selon (4) et, sur cette base, d'obtenir la viscosité dynamique du liquide à partir de la géométrie connue.

## EVALUATION

Le flux correspondant peut être calculé à partir des débits mesurés et des sections transversales spécifiques. Dans ce montage expérimental, ce résultat est quasiment équivalent pour tous les diamètres de tube et pour les mêmes réglages de la pompe centrifuge, ce qui par conséquent satisfait l'équation de continuité. Par ailleurs, le diagramme ci-dessous illustre la résistance à l'écoulement  $R$  calculée pour différents diamètres de tube et différents flux. Cela démontre le rapport de forte dépendance vis à vis du rayon du tube  $r$  par ailleurs exprimé par l'équation de Hagen-Poiseuille :

$$R \propto \frac{1}{r^4}$$

La Fig.1 indique que le débit calculé à partir de la vitesse mesurée et de la zone est quasiment le même pour tous les diamètres de tube à des tensions égales et que l'équation de continuité est par conséquent vérifiée.

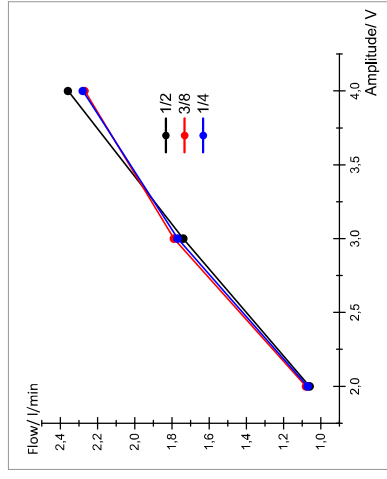


Fig. 1 : Débits pour différents diamètres de tube

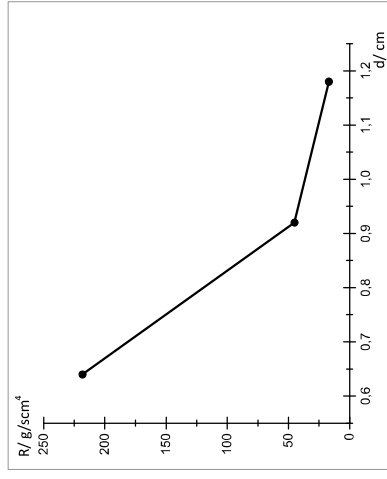


Fig. 2 : Résistance pour différents diamètres de tube