

OPTIQUE (durée conseillée 1h)

Pour mesurer la vitesse du fluide dans une tuyère, nous utilisons une méthode de vélocimétrie laser.

Le montage est constitué, comme l'indique la figure 1, d'un laser, d'un prisme, d'une lentille et d'un photomultiplicateur.

L'onde du faisceau laser est assimilée à une onde plane dont une partie traverse un prisme et l'autre continue sans être déviée. Les deux faisceaux ainsi obtenus se rencontrent dans le fluide, au voisinage du point M, en donnant une figure d'interférence.

Des poussières très fines placées dans le fluide vont diffuser la lumière laser vers une lentille et un photomultiplicateur.

Le laser émet une onde de longueur d'onde 543,5 nm.

1 Le laser

- 1.1 Quel est l'intérêt d'utiliser un laser dans un tel montage ?
- 1.2 Quelle est la couleur du faisceau ?

2 Le prisme (figure 2)

Le prisme est constitué d'un matériau d'indice n ($n = 1,518$) et d'angle au sommet A ($A=3,86^\circ$). Le faisceau incident est perpendiculaire à la face d'entrée.

- 2.1 Montrez que la déviation D est donnée par $D = (n-1)A$; les angles sont supposés petits.
- 2.2 Donnez la valeur numérique de D en degrés.

3 Interférence (figure 3)

Les deux ondes sont supposées planes.

- 3.1 Justifiez succinctement l'existence d'interférences autour du point M.
- 3.2 Sur un schéma, dessinez les surfaces d'onde en M, Σ_d pour l'onde directe et Σ_p pour l'onde qui traverse le prisme.
- 3.3 Pour simplifier le raisonnement, nous supposons que les ondes en M sont en phase. En utilisant les propriétés des surfaces d'onde, construire le point M_1 du plan (P) tel que les ondes soient de nouveau en phase.
 - 3.3.1 En déduire que l'interfrange (i) dans le plan (P) est donné par la relation :

$$i = \frac{\lambda}{\sin D}$$

soit dans l'approximation des petits angles :

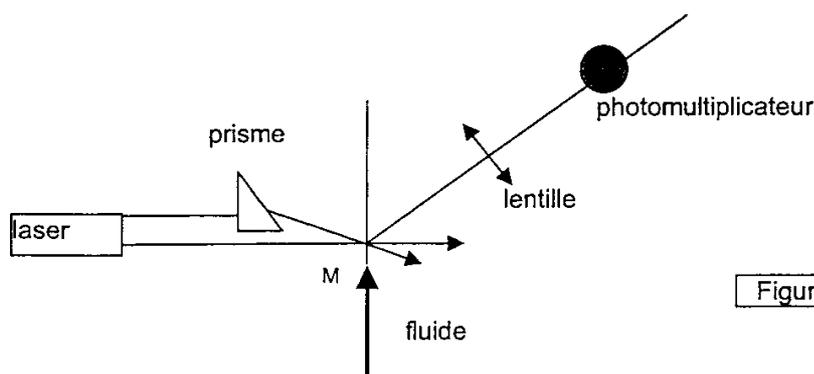
$$i = \frac{\lambda}{D}$$

- 3.3.2 Donnez la valeur de l'interfrange en prenant $D = 2^\circ$

4 Observations

Pour observer le passage des grains de poussière à travers la figure d'interférence, notre montage est constitué d'une lentille et d'un photomultiplicateur, de telle sorte que l'image d'un grain de poussière en M se forme sur le photomultiplicateur. Ainsi, dès qu'un grain est éclairé au voisinage de M, le photomultiplicateur reçoit de la lumière. Cette lumière disparaît dès que le grain de poussière est dans la zone d'interférence destructive.

- 4.1 Pourquoi le montage d'observation n'est pas situé sur l'axe du faisceau incident ?
- 4.2 Quel est le rôle de la lentille ?
- 4.3 Nous considérons une particule de poussière qui se propage dans le plan (P) comme indiqué sur la figure 3 avec une vitesse v .
Dessinez en fonction du temps l'allure du signal lumineux reçu par le photomultiplicateur. Donnez l'expression de la fréquence de ce signal en fonction de i l'interfrange et de la vitesse v .
Application numérique : $v = 1200 \text{ ms}^{-1}$ et $i = 16 \mu\text{m}$.
- 4.4 Sur la figure 4 nous avons la courbe la sensibilité spectrale du photomultiplicateur.
 - 4.4.1 Définissez la sensibilité d'un capteur
 - 4.4.2 La figure 4 donne la variation de la sensibilité en fonction de la longueur d'onde. Le capteur est-il bien adapté à la longueur d'onde du laser ?
 - 4.4.3 Le photomultiplicateur a un temps de réponse de 0,65 ns. Peut-il suivre le signal optique ?



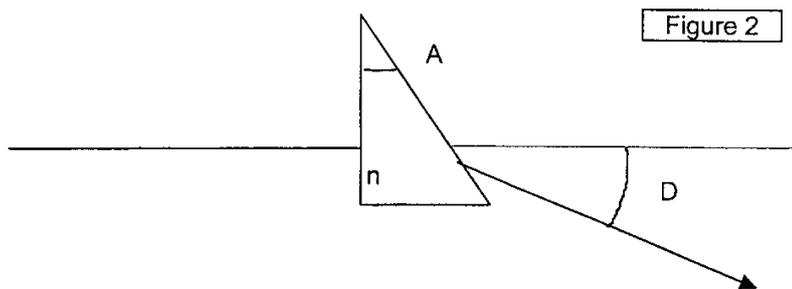


Figure 2

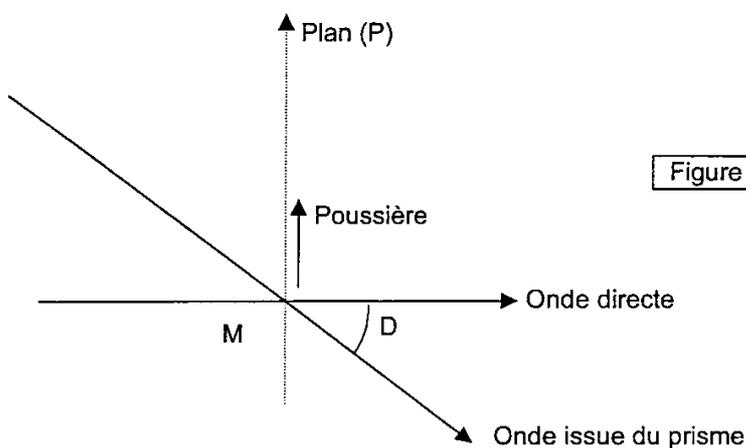


Figure 3

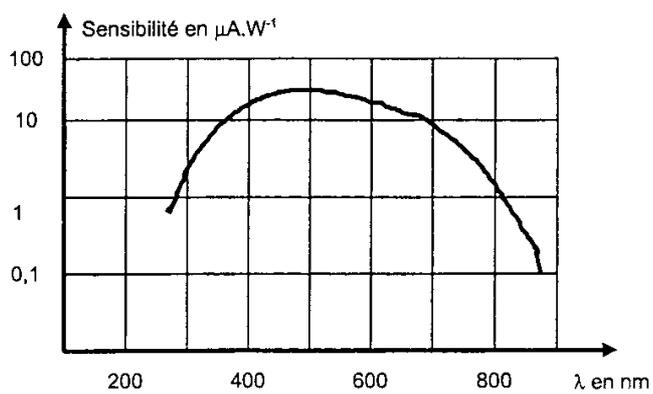


Figure 4