# Mostiglass®, le vitrage moustiquaire rafraichissant

Bac 2025 Amérique du Nord Jour 2 · Exercice 3 **6 points** **Durée conseillée 53 min**

**Q.1** Donner une condition nécessaire à l'observation du phénomène de diffraction d'une onde lumineuse.

L'onde lumineuse doit rencontrer une ouverture ou un obstacle de petite dimension : la diffraction s'observe nettement lorsque la taille $a$ de l'ouverture est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde $\lambda$, ou seulement un peu plus grande.

Condition : ouverture (ou obstacle) de taille $a$ pas trop grande devant $\lambda$.

**COMPRENDRE**
Pour la lumière, la diffraction reste visible avec une ouverture jusqu'à cent fois, voire mille fois plus large que $\lambda$ : plus la fente est fine, plus la tache centrale est large.

**Q.2** Donner la relation entre l'angle de diffraction $\theta$, la longueur d'onde $\lambda$ et la largeur $\ell$ de la fente.

$\theta = \dfrac{\lambda}{\ell}$, avec $\theta$ en radian, $\lambda$ et $\ell$ en mètre.

**PIÈGE**
Dans cette relation, $\theta$ est en radian et c'est le demi-angle : il sépare le centre de la tache centrale de la première extinction, pas les deux bords de la tache.

**Q.3** Avec l'approximation des petits angles, établir la relation entre $\theta$, $D$ et $d$, puis en déduire $\dfrac{\lambda}{\ell} = \dfrac{d}{2D}$.

Sur la figure 2, le triangle formé par la fente, le centre de la tache et le bord de la tache centrale est rectangle. Le côté opposé à $\theta$ mesure $\dfrac{d}{2}$ et le côté adjacent mesure $D$ :

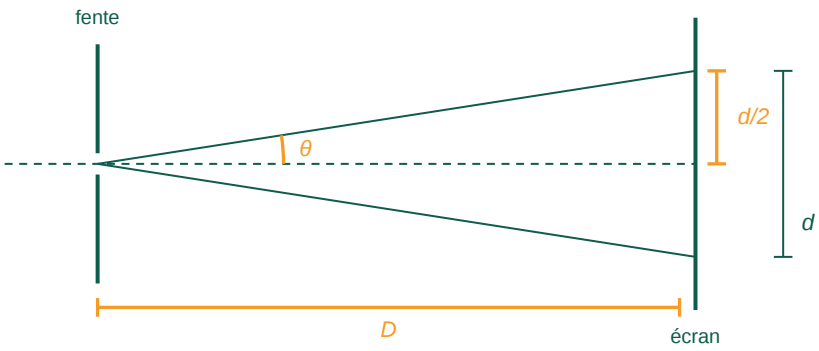
$$\tan\theta = \frac{d/2}{D} = \frac{d}{2D}$$

L'angle est petit, donc $\tan\theta \approx \theta$ et $\theta = \dfrac{d}{2D}$.

Or $\theta = \dfrac{\lambda}{\ell}$ (Q.2). En égalant les deux expressions de $\theta$ :

$$\frac{\lambda}{\ell} = \frac{d}{2D}$$

**PIÈGE**
Le côté opposé à $\theta$ est la demi-largeur $d/2$ de la tache centrale. Écrire $\tan\theta = d/D$ fait perdre le facteur 2 et fausse la largeur de fente calculée ensuite.




**Q.3** · Figure 2 du sujet : le triangle rectangle utilisé

**Q.4** En déduire la valeur de la largeur $\ell$ de la fente.

**Données utiles** $\lambda = 650$ nm ; $D = 3{,}00$ m ; $d = 6{,}0$ mm

De $\dfrac{\lambda}{\ell} = \dfrac{d}{2D}$ on tire :

$$\ell = \frac{2\,\lambda\,D}{d} = \frac{2 \times 650 \times 10^{-9} \times 3{,}00}{6{,}0 \times 10^{-3}} = 6{,}5 \times 10^{-4}\ \text{m}$$

$$\ell = 6{,}5 \times 10^{-4}\ \text{m} = 0{,}65\ \text{mm}$$

**PIÈGE**
Les longueurs doivent être dans la même unité : $\lambda$ en mètre ($650 \times 10^{-9}$ m) et $d$ en mètre ($6{,}0 \times 10^{-3}$ m), puisque $D$ est en mètre.

**COMPRENDRE**
Deux chiffres significatifs : $d = 6{,}0$ mm est la donnée la moins précise et fixe la précision du résultat.

**À LA CALCULATRICE**

rad CALCULS

$$\frac{2 \times 650 \times 10^{-9} \times 3.00}{6.0 \times 10^{-3}} \approx 6.5 \times 10^{-4}$$

**Q.5** Calculer l'incertitude-type $u(\ell)$, puis vérifier que le résultat de la mesure est compatible avec la valeur de référence $\ell_{\text{ref}} = 0{,}55$ mm.

**Données utiles** $\ell = 0{,}65$ mm (Q.4) ; $u(d) = 0{,}5$ mm ; $d = 6{,}0$ mm ; $u(D) = 0{,}01$ m ; $D = 3{,}00$ m

$$u(\ell) = \ell \times \sqrt{\left(\frac{u(d)}{d}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

$$u(\ell) = 0{,}65 \times \sqrt{\left(\frac{0{,}5}{6{,}0}\right)^2 + \left(\frac{0{,}01}{3{,}00}\right)^2} = 0{,}054\ \text{mm}$$

L'incertitude-type s'écrit avec un seul chiffre significatif, arrondie par excès : $u(\ell) = 0{,}06$ mm, donc $\ell = (0{,}65 \pm 0{,}06)$ mm.

Quotient de comparaison :

$$\frac{|\ell - \ell_{\text{ref}}|}{u(\ell)} = \frac{|0{,}65 - 0{,}55|}{0{,}06} \approx 1{,}7$$

Ce quotient est inférieur à 2.

$u(\ell) = 0{,}06$ mm ; quotient $\approx 1{,}7 < 2$ : la mesure est compatible avec la valeur de référence.

**COMPRENDRE**
Le critère usuel n'est pas rappelé dans le sujet : il faut le connaître. La mesure est jugée compatible si l'écart à la référence ne dépasse pas deux incertitudes-types.

**MÉTHODE**
Dans chaque rapport $u(x)/x$, il suffit que les deux grandeurs aient la même unité (mm avec mm, m avec m). L'incertitude $u(\ell)$ sort alors dans l'unité de $\ell$.

**À LA CALCULATRICE**

rad CALCULS

$$0.65 \times \sqrt{\left(\frac{0.5}{6.0}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{3.00}\right)^2} \approx 0.05420998$$

$$\frac{0.65 - 0.55}{0.06} \approx 1.666667$$

**Q.6** Évaluer la différence de température en régime permanent dans les deux études et confirmer l'intérêt de la Mostiglass®.

**Données utiles** figures 5a (sans Mostiglass®) et 5b (avec Mostiglass®)

En régime permanent (après 300 s environ), les températures ne varient presque plus.

Sans Mostiglass® (figure 5a) : $T_1 \approx 31{,}3\ ^\circ\text{C}$ et $T_2 \approx 31{,}1\ ^\circ\text{C}$, soit $T_1 - T_2 \approx 0{,}2\ ^\circ\text{C}$ : l'écart est quasi nul.

Avec Mostiglass® (figure 5b) : $T_1 \approx 32\ ^\circ\text{C}$ et $T_2 \approx 27\ ^\circ\text{C}$, soit $T_1 - T_2 \approx 5\ ^\circ\text{C}$.

Écart d'environ $0\ ^\circ\text{C}$ sans Mostiglass® et d'environ $5\ ^\circ\text{C}$ avec : l'air qui a traversé la plaque est nettement plus frais, la Mostiglass® rafraichit bien l'air entrant.

**MÉTHODE**
Le régime permanent se lit sur le palier des courbes, pas pendant la montée. On relève $T_1$ et $T_2$ au même instant, puis on compare les écarts des deux expériences.

**Q.7** Justifier, à l'aide de la conservation du débit volumique, que la vitesse $v_1$ de l'air à l'entrée du tunnel a la même valeur que $v_2$, à la sortie.

L'air est considéré comme incompressible et l'écoulement est permanent : le débit volumique se conserve entre l'entrée et la sortie du tunnel.

$$D_v = v_1 \times S_0 = v_2 \times S_0$$

Le tunnel a la même section $S_0$ à l'entrée et à la sortie, donc en simplifiant par $S_0$ :

$v_1 = v_2$

**Q.8** Calculer, à l'aide de la conservation du débit volumique, les vitesses $v_A$ et $v_B$ de l'air à l'entrée A et à la sortie B de la Mostiglass®.

**Données utiles** $v_1 = 2{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; $S_0 = 4{,}0 \times 10^{-2}\ \text{m}^2$ ; $S_A = 1{,}8 \times 10^{-3}\ \text{m}^2$ ; $S_B = 0{,}95 \times 10^{-3}\ \text{m}^2$

Conservation du débit volumique : $v_1 \times S_0 = v_A \times S_A = v_B \times S_B$.

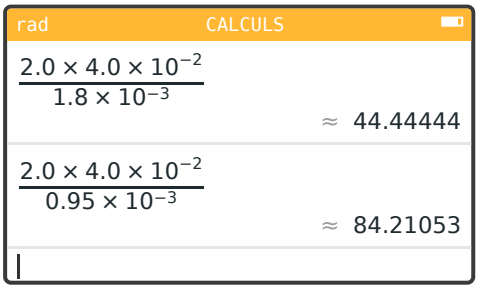
$$v_A = \frac{v_1 \times S_0}{S_A} = \frac{2{,}0 \times 4{,}0 \times 10^{-2}}{1{,}8 \times 10^{-3}} = 44\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$v_B = \frac{v_1 \times S_0}{S_B} = \frac{2{,}0 \times 4{,}0 \times 10^{-2}}{0{,}95 \times 10^{-3}} = 84\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$v_A = 44\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $v_B = 84\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

**COMPRENDRE**
À débit constant, la vitesse est inversement proportionnelle à la section : l'air accélère fortement dans les fentes, et encore davantage à la sortie B, plus étroite que l'entrée A.

**À LA CALCULATRICE**



**Q.9** Montrer, avec la relation de Bernoulli, que la Mostiglass® provoque un effet Venturi, puis évaluer l'ordre de grandeur de la baisse de température, la comparer à celle de l'expérience et commenter.

**Données utiles** $\rho = 1{,}2\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ; $v_A$ et $v_B$ (Q.8) ; $p_A = 1{,}01 \times 10^5$ Pa ; $T_1 = 32\ ^\circ\text{C}$ (Q.6) ; $\dfrac{\Delta T}{T} = \dfrac{\Delta P}{P}$

**Chute de pression.** Relation de Bernoulli entre A et B :

$$\frac{1}{2}\rho v_A^2 + p_A = \frac{1}{2}\rho v_B^2 + p_B \quad \text{d'où} \quad \Delta P = p_B - p_A = \frac{1}{2}\rho\left(v_A^2 - v_B^2\right)$$

$$\Delta P = \frac{1}{2} \times 1{,}2 \times \left(44{,}4^2 - 84{,}2^2\right) = -3{,}07 \times 10^3\ \text{Pa}$$

Comme $v_B > v_A$, on a $\Delta P < 0$ : la pression diminue quand la section se rétrécit, c'est bien un effet Venturi.

**Baisse de température.** La référence est la température d'entrée, en kelvin : $T = 273 + 32 = 305$ K, et la pression $p_A$.

$$\Delta T = T \times \frac{\Delta P}{p_A} = 305 \times \frac{-3{,}07 \times 10^3}{1{,}01 \times 10^5} = -9{,}3\ \text{K}$$

**Comparaison.** Le modèle prévoit une baisse d'une dizaine de kelvins (ou de degrés Celsius), l'expérience donne environ $5\ ^\circ\text{C}$ (Q.6) : même ordre de grandeur, mais le modèle prévoit une baisse à peu près deux fois trop forte.

**Commentaire.** Le modèle explique le rafraichissement mais reste trop simple : l'air n'est ni parfait (frottements dans les fentes) ni incompressible, et il échange de l'énergie thermique avec la plaque et les parois du tunnel.

$\Delta P \approx -3{,}1 \times 10^3$ Pa (effet Venturi) ; $\Delta T \approx -9$ K prévu contre $-5\ ^\circ\text{C}$ mesuré : même ordre de grandeur, modèle trop simple.

**PIÈGE**
La température de référence se met en kelvin : avec 32 au lieu de 305, la baisse calculée serait dix fois trop faible. Un écart de température, lui, a la même valeur en K et en °C.

**MÉTHODE**
On garde les valeurs non arrondies de $v_A$ et $v_B$ dans le calcul : une différence de carrés amplifie les erreurs d'arrondi. On n'arrondit que le résultat final.

**À LA CALCULATRICE**

