

EXERCICE I : PÉTROLE À LA SURFACE DE L'EAU (12 points)

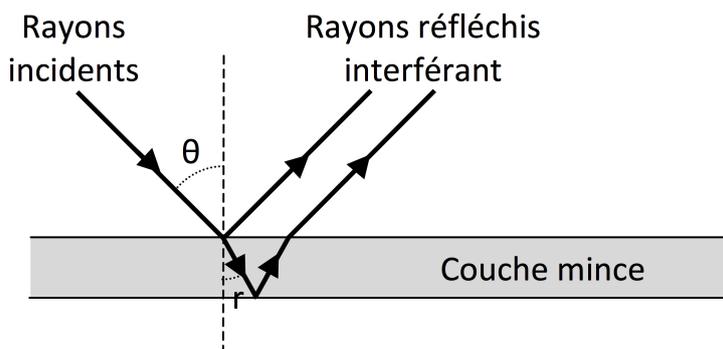
Un pétrolier indélicat a laissé échapper dans l'océan une grande quantité de kérosène (indice de réfraction $n = 1,5$) qui forme une nappe très étendue, de faible épaisseur $e = 0,12 \mu\text{m}$ à la surface de l'eau. La nappe de kérosène se comporte comme une lame mince qui engendre des interférences : lorsqu'elle est vue depuis un avion, on observe des irisations dont les couleurs changent suivant l'angle θ d'observation. L'étude qui suit permet d'envisager une explication à ce phénomène.

DOCUMENT 1 : INTERFÉRENCES PAR COUCHE MINCE

Lorsqu'une couche mince, aux parois semi-réfléchissantes, est éclairée en lumière monochromatique parallèle, les rayons issus de la couche sont déphasés entre eux, puisque certains, en rebondissant à l'intérieur, ont pris du retard sur les autres en raison du trajet supplémentaire parcouru.

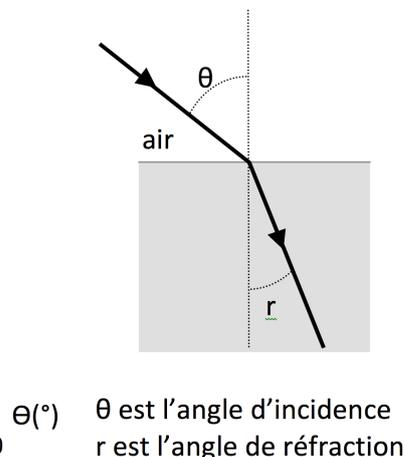
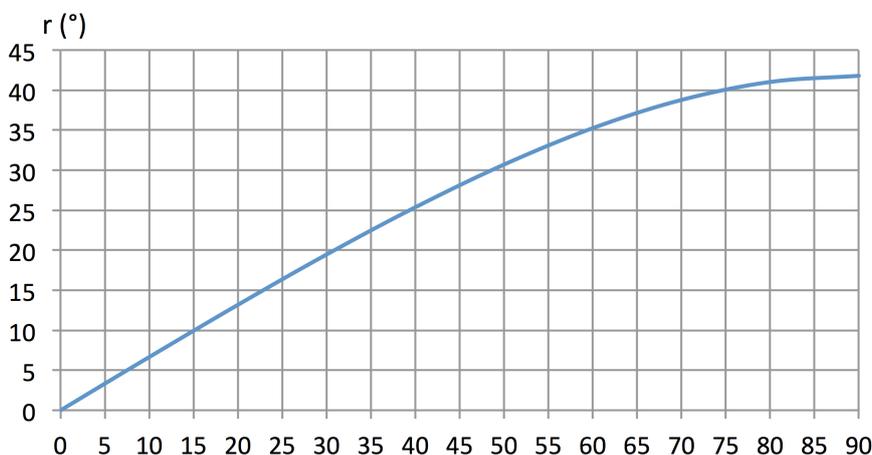
Ce trajet supplémentaire définit la différence de marche δ . Avec les notations de la figure ci-dessous, la différence de marche entre les deux rayons réfléchis est donnée par la relation suivante :

$$\delta = 2 \cdot n \cdot e \cdot \cos(r) + \frac{\lambda}{2}$$



DOCUMENT 2 : LOI DE SNELL-DESCARTES DE LA RÉFRACTION

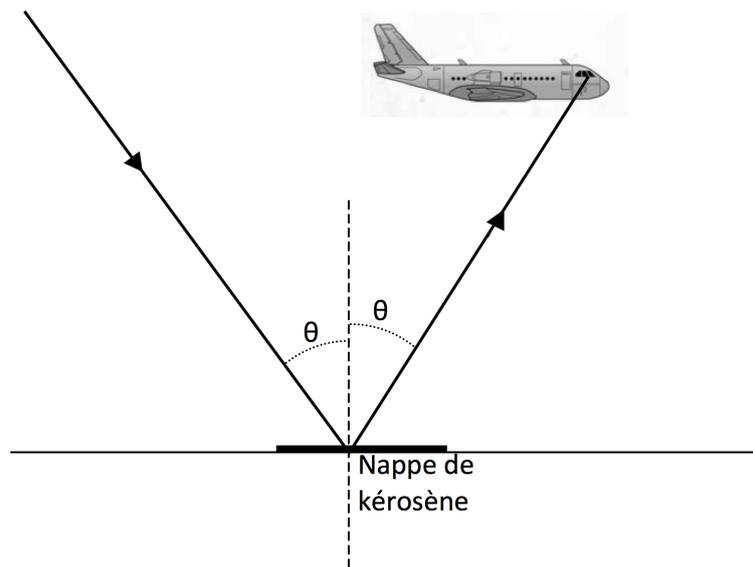
La loi de Snell-Descartes de la réfraction exprime le changement de direction d'un faisceau lumineux lors de la traversée d'une paroi séparant deux milieux transparents différents. Le graphe ci-dessous donne l'angle de réfraction r en fonction de l'angle d'incidence θ lorsque la lumière passe de l'air à un milieu d'indice de réfraction $n = 1,5$.



DOCUMENT 3 : LUMIÈRE BLANCHE

Couleur	Longueur d'onde (nm)
Rouge	625 – 740
Orange	590 – 625
Jaune	565 – 590
Vert	520 – 565
Cyan	500 – 520
Bleu	430 – 500
Violet	350 – 430

1. La nappe de kérosène est éclairée par le Soleil qui émet de la lumière blanche. La nappe de kérosène est observée verticalement et on a alors $\theta = r = 0^\circ$.
 - 1.1. Énoncer les conditions d'interférences en termes de différence de marche pour deux ondes sinusoïdales synchrones de longueur d'onde λ .
 - 1.2. Montrer que les radiations qui interfèrent de façon constructive ont des longueurs d'onde telles que $\lambda = \frac{4 \cdot n \cdot e \cdot \cos(r)}{2k - 1}$ où k est un nombre entier.
 - 1.3. Calculer la (ou les) longueur(s) d'onde des radiations réfléchies (non atténuées) appartenant au domaine du visible.
 - 1.4. Quelle est la couleur de la lumière réfléchiée ?
2. L'avion vole de telle sorte que le pilote voit la nappe de kérosène sous un angle θ . Pour quelles valeurs de l'angle θ observe-t-on une couleur jaune ? Justifier la réponse.
3. Même lorsque l'observation se fait verticalement, la couleur de la nappe à la surface de l'océan n'apparaît pas uniforme. Quelle(s) explication(s) peut-on avancer pour ces irisations ?



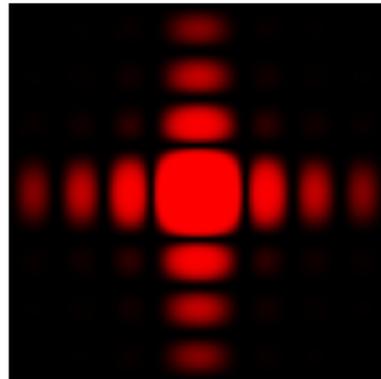
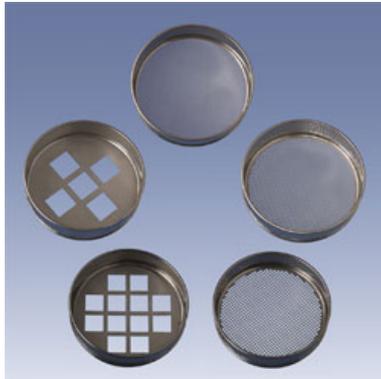
EXERCICE II : LUMIÈRE TAMISÉE (8 points)

La production de certains catalyseurs nécessite de déposer un métal noble (Pd, Pt, Au) sur un support inerte comme de la silice (SiO_2). La silice commerciale se présente sous forme de petits grains blancs de tailles différentes : il est nécessaire de trier ces grains à l'aide de tamis pour fabriquer des catalyseurs tous identiques.

Le but de cet exercice est de vérifier la taille des mailles d'un tamis en effectuant une expérience de diffraction par un faisceau LASER.

1. Lumière LASER

Un faisceau LASER monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 532 \text{ nm}$ et se propageant dans l'air est dirigé vers un tamis de laboratoire (une sorte de grille, voir ci-dessous à gauche) à maille carrée de côté a . On observe sur un écran une figure de diffraction identique à celle représentée ci-dessous à droite. La tache centrale de cette figure de diffraction est un carré de côté $L = 2,66 \text{ cm}$.



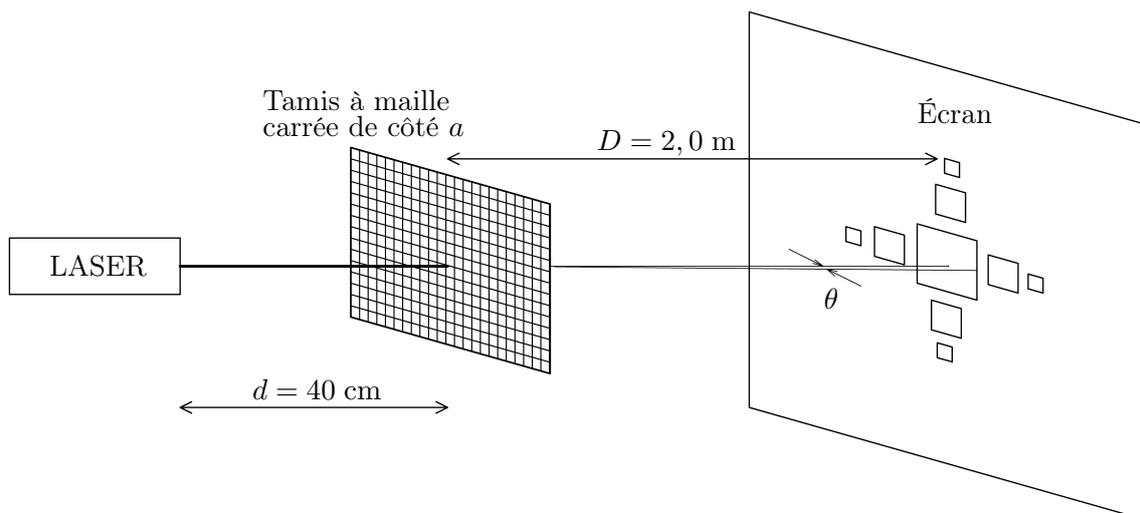
- 1.1. Qu'est-ce que l'apparition d'une figure de diffraction met-elle en évidence concernant la nature de la lumière ?
- 1.2. Dans quelle condition ce phénomène est-il observable ?
- 1.3. Une onde lumineuse est caractérisée par deux périodicités. Nommer ces périodicités, donner leur symbole et préciser leur unité.
- 1.4. Rappeler la relation mathématique qui lie la longueur d'onde dans le vide λ_0 , la célérité c de la lumière dans le vide et la période T_0 . Exprimer la fréquence f_0 correspondante en fonction de c et de λ_0 puis calculer sa valeur.

2. Dimension des mailles du tamis

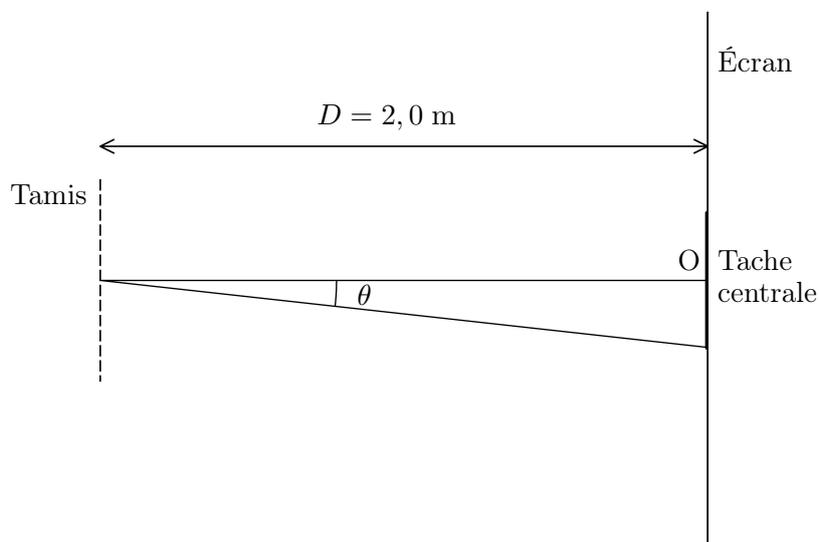
Le LASER est placé à une distance $d = 40 \text{ cm}$ du tamis ; la distance entre le tamis et l'écran vaut $D = 2,0 \text{ m}$. La célérité de la lumière dans le vide vaut : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Un tamis à maille carrée possède des propriétés diffractantes identiques à celles observées lors de la superposition de deux fentes allongées de même largeur et disposées perpendiculairement l'une par rapport à l'autre.

Vue en perspective



Vue du dessus



- 2.1.** En s'aidant du schéma ci-dessus représentant la situation vue par au-dessus, montrer que l'écart angulaire θ noté sur le schéma peut s'exprimer de la façon suivante : $\theta = \frac{L}{2 \cdot D}$.
- On se placera dans l'approximation des petits angles dans laquelle on a $\tan \theta \simeq \theta$ lorsque l'angle θ est exprimé en radians.*
- 2.2.** Rappeler la relation mathématique qui lie l'écart angulaire θ à la longueur d'onde λ et au côté a de la maille en précisant les unités de chaque grandeur.
- 2.3.** Exprimer enfin la dimension a d'une maille du tamis en fonction de D , L et λ puis calculer sa valeur en utilisant les données expérimentales données ci-dessus.