

Programme d'interrogation orale

- Savoir donner l'expression d'une onde plane et d'une onde sphérique, en représentation réelle et complexe.
- Savoir citer les trois types de sources de rayonnement, et connaître leurs caractéristiques spectrales. Connaître leurs temps de cohérence (et en déduire leur longueur de cohérence).
- Savoir lier la largeur spectrale $\Delta\nu$ au temps caractéristique Δt de variation de l'onde quasi-sinusoidale émise par une source (via la relation $\Delta\nu \Delta t \sim 1$). Dans le modèle des trains d'onde, Δt est la durée d'un train d'onde.
- Connaître le temps de réponse typique des trois détecteurs évoqués dans le cours, et savoir qu'ils sont tous très grand face à la période d'une onde électromagnétique (ils sont donc sensibles à la valeur moyenne de l'énergie de l'onde, donnée par $\langle s(t) \rangle$, ou par $|\underline{s(t)}|^2$ en représentation complexe).
- Savoir calculer un chemin optique $[AB]$ et donc un déphasage entre deux points A et B liés par un rayon lumineux.
- Savoir établir la formule de Fresnel, via la représentation réelle (partie III.2.A) ou complexe (partie III.2.B).
- Savoir citer les conditions d'interférences constructives et destructives en termes de déphasage $\Delta\phi$, d'ordre d'interférence p , ou de différence de marche δ .
- Savoir expliquer pourquoi une trop grande différence de marche conduit à un brouillage des interférences.
- Savoir expliquer pourquoi une source trop grande conduit à un brouillage des interférences.

I - CHEMIN OPTIQUE ET SURFACE D'ONDE**Exercice 1 - Optique ondulatoire et optique géométrique avec des lentilles****Difficile 1 - Original 2**

Pour toutes les questions suivantes, indiquer quel type de lentille utiliser, et le cas échéant où se trouve le centre de l'onde sphérique. Tracer un schéma sur lequel apparaissent les rayons lumineux et les surfaces d'onde.

1. Comment transformer une onde sphérique divergente en une onde plane ?
2. Comment transformer une onde plane en une onde sphérique convergente ?
3. Une onde sphérique divergente en une onde sphérique convergente ?
4. Une onde plane en une onde sphérique divergente ?

Exercice 2 - Démonstration ondulatoire de loi de la réfraction**Difficile 1 - Original 2**

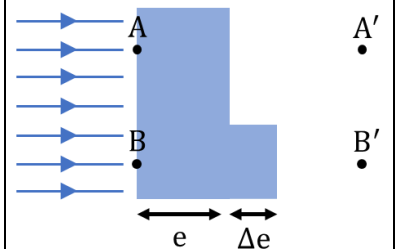
Une onde plane arrive avec une incidence oblique d'angle θ_1 sur un dioptré plan séparant deux milieux d'indices n_1 et n_2 ($n_2 > n_1$). L'onde transmise est plane également, et réfractée selon un angle θ_2 (par rapport à la normale au dioptré).

1. Faire un schéma représentant deux rayons incidents, les rayons réfractés associés, et des surfaces d'onde dans chacun des milieux. On note I_1 et I_2 les points d'incidence des rayons sur le dioptré.
2. On note M_2 le point d'intersection de la surface d'onde passant par I_1 avec le rayon 2, et M_1 le point d'intersection de la surface d'onde passant par I_2 avec le rayon 1. Que dire des chemins optiques $[I_1 M_1]$ et $[M_2 I_2]$?
3. Par un raisonnement graphique de trigonométrie, en déduire la loi de Snell-Descartes.

II - CALCULS DE DÉPHASAGE**Exercice 3 - Traversée d'une lame d'épaisseur variable****Difficile 1 - Original 2**

Une onde plane arrive en incidence normale sur une lame d'indice n et d'épaisseur e . La lame présente un défaut d'épaisseur Δe .

1. Tracer l'allure des rayons lumineux et des surfaces d'onde avant, dans et après la lame.
2. Exprimer le déphasage entre A et A', et entre B et B' en fonction de e , Δe , et $x = AA' = BB'$ (longueur géométrique).

**Exercice 4 - Reflets colorés sur une tache d'huile****Difficile 1 - Original 1**

Une goutte d'huile déposée sur une flaque d'eau s'étale en surface et forme une mince couche d'épaisseur e supposée uniforme. Un observateur regarde un reflet du soleil en incidence normale sur la flaque, et en se plaçant à la quasi-verticale de la flaque, il observe une teinte magenta. On rappelle que le magenta est la couleur complémentaire du vert. Les données sont les suivantes :

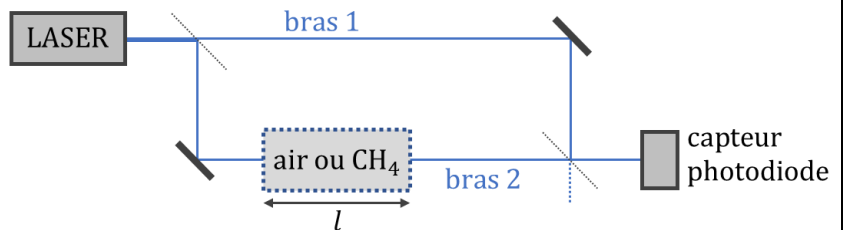
- Indices de réfraction : $n_{\text{eau}} = 1,33$ et $n_{\text{huile}} = 1,5$;
 - La réflexion sur un milieu d'indice plus élevé que le milieu de propagation initial cause un déphasage de π .
- En considérant uniquement les interférences entre une onde réfléchie sur l'interface air-huile et l'autre sur l'interface huile-eau, établir la condition d'interférences destructives en fonction de λ et de l'épaisseur e de l'huile (entre autres).
 - Expliquer pourquoi le reflet est coloré.
 - Estimer l'épaisseur minimale de la tache d'huile donnant cette teinte. Est-il possible de déterminer son épaisseur ?

Exercice 5 - Mesure de l'indice optique du méthane (interféromètre de Mach-Zehnder)

Difficile 1 – Original 2

Un interféromètre de Mach-Zehnder, schématisé ci-contre, est composé de deux miroirs et de deux lames semi-réfléchissantes, qui transmettent la moitié de l'intensité lumineuse et réfléchissent l'autre moitié. L'interféromètre est éclairé par un laser de longueur d'onde $\lambda = 532 \text{ nm}$, et une photodiode mesure l'intensité du laser, après réunion des deux faisceaux.

Une cuve fermée de longueur $l = 10,0 \text{ cm}$ est placée dans l'un des bras. Cette cuve contient initialement de l'air, d'indice optique n_{air} , progressivement remplacé par du méthane d'indice $n_{\text{CH}_4} > n_{\text{air}}$. Au cours de l'opération, la photodiode permet d'observer le défilement de 33 franges.



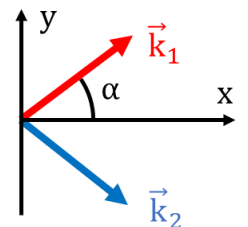
- Exprimer l'ordre d'interférence p_{air} lorsque la cuve est remplie d'air en fonction des longueurs géométriques L_1 et L_2 des bras de l'interféromètre.
- Exprimer de même l'ordre p_{CH_4} lorsque la cuve est remplie de méthane.
- En déduire l'indice optique du méthane, sachant que, dans les conditions de température et de pression lors de l'expérience, $n_{\text{air}} = 1 + 2,78 \cdot 10^{-4}$.

Exercice 6 - Interférences entre deux ondes planes émises de directions différentes

Difficile 2 – Original 2

Considérons deux ondes planes progressives monochromatiques de même pulsation ω , dont les vecteurs d'onde \vec{k}_1 et \vec{k}_2 forment un angle $\pm\alpha$ par rapport à un axe (Ox) . Ces ondes sont cohérentes et interfèrent. On note \underline{a}_1 et \underline{a}_2 les amplitudes complexes respectives de la vibration scalaire associée à chaque onde. Ces amplitudes sont égales au point O, origine de l'espace

$$\underline{a}_1(O, t) = \underline{a}_2(O, t) = A_0 e^{i\omega t}$$

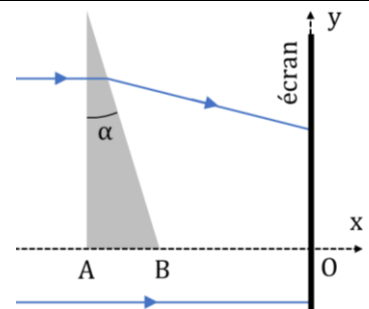


- Justifier que l'état d'interférences en un point M de l'espace est donné par $\Delta\varphi(M) = (\vec{k}_1 - \vec{k}_2) \cdot \overrightarrow{OM}$.
- Exprimer les composantes de \vec{k}_1 et \vec{k}_2 en fonction de la longueur d'onde λ et de l'inclinaison α . En déduire l'expression du déphasage $\Delta\varphi(M)$ en fonction des coordonnées (x, y, z) du point M.
- On place un écran dans un plan $y = \text{cte}$. Qu'observe-t-on ?
- On tourne le même écran dans un plan $z = \text{cte}$. Décrire la figure d'interférences obtenue. Déterminer l'interfrange i , c'est-à-dire la distance séparant deux franges brillantes (ou sombres) consécutives.

Exercice 7 - Interférences causées par un prisme

Difficile 3 – Original 2

On dispose d'un prisme d'indice n et d'angle au sommet α éclairé par un faisceau de rayons parallèles monochromatique de longueur d'onde λ_0 . On observe la figure produite sur un écran placé derrière le prisme. Dans tout l'exercice, on se placera dans l'hypothèse d'un angle au sommet petit.



- En pratique, comment peut-on réaliser un faisceau de rayons parallèles ?
- Exprimer l'angle de déviation des rayons en sortie du prisme.
- Justifier que l'on peut considérer les ondes associées aux rayons déviés et aux rayons non déviés comme deux ondes planes. Exprimer leur vecteur d'onde.
- On pose $\phi(A) = 0$. Exprimer la différence de phase entre les deux ondes au point B puis en tout point M de l'écran.
- Qu'observe-t-on sur l'écran ? En déduire une méthode de mesure de l'angle α .