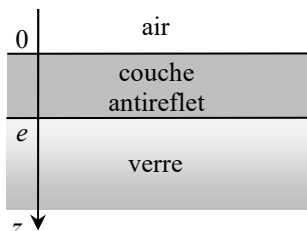


Exercices du chapitre On4

Réflexion et transmission d'une onde électromagnétique

1. Couche antireflet

Lorsque de la lumière se propageant dans l'air, d'indice $n_a = 1,00$, arrive sur une interface avec du verre d'indice n_2 , une partie de la lumière est réfléchie, mais cet effet est souvent considéré comme gênant. Pour réaliser une adaptation d'impédance, c'est-à-dire supprimer la lumière réfléchie, on peut intercaler entre l'air et le verre une couche d'épaisseur e d'un matériau d'indice $n_1 < n_2$.



Une OPPH lumineuse se propageant dans l'air arrive sur le premier dioptre sous incidence normale : elle pourra alors être successivement transmise ou réfléchie par chacun des deux dioptres. On note λ_0 la longueur d'onde dans le vide.

a) Raisonnons tout d'abord en termes de rayons lumineux, et considérons seulement les deux premiers rayons réfléchis (c'est-à-dire ressortant dans l'air). Donner la différence de marche, puis le déphasage, entre ces deux rayons. En déduire une condition sur e , λ_0 et n_1 pour que l'amplitude résultante soit minimale.

Cette condition est supposée vérifiée dans la suite. On raisonne maintenant en termes de champs électriques (chacun correspondant à une infinité de rayons réfléchis ou transmis).

Il y a en tout cinq ondes à considérer : incidente ($\overline{E_{ia}}$) et réfléchie ($\overline{E_{ra}}$) dans l'air ; transmise ($\overline{E_{t1}}$) et réfléchie ($\overline{E_{r1}}$) dans la couche antireflet ; transmise ($\overline{E_{t2}}$) dans le verre.

b) Donner les expressions complexes de ces cinq vecteurs, et des cinq vecteurs champs magnétiques correspondants.

c) Sachant qu'il y a continuité des champs aux deux interfaces, déterminer quatre relations entre les différentes amplitudes complexes, et en déduire le coefficient de réflexion global $\underline{r} = \frac{\overline{E_{ra}}}{\overline{E_{ia}}}$.

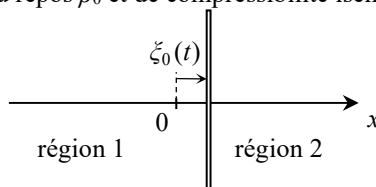
d) Déterminer la valeur de l'indice n_1 permettant d'éliminer totalement l'onde réfléchie $\overline{E_{ra}}$. Le fluorure de magnésium ($n_1 = 1,38$) est-il plus adapté pour réaliser une couche antireflet sur un verre ordinaire de type *crown* ($n_2 = 1,52$) ou sur un verre très réfringent de type *flint* ($n_2 = 1,88$) ?

e) Expliquer pourquoi les verres avec couche antireflet nous apparaissent avec une couleur légèrement bleu violacé.

Réflexion et transmission d'une onde acoustique

2. Transmission par une paroi oscillante

Une mince paroi plane, caractérisée par sa masse surfacique σ , sépare deux régions 1 et 2 d'un même fluide, de masse volumique au repos ρ_0 et de compressibilité isentropique χ_S .



La paroi peut osciller selon l'axe horizontal (Ox), son déplacement par rapport à l'équilibre ($x = 0$) est noté $\xi_0(t)$.

Une OPPH acoustique arrive de gauche à droite dans la région 1 ; lorsqu'elle rencontre la paroi, elle donne naissance à une onde réfléchie et à une onde transmise dans la région 2 ; toutes ces ondes obéissent à l'équation de D'Alembert. On cherche à déterminer les coefficients de réflexion et de transmission.

a) On note $\underline{p}_i(M, t) = \underline{p}_{i0} \exp(j(\omega t - kx))$ la surpression complexe correspondant à l'onde incidente. Rappeler la relation de dispersion entre les grandeurs ω et k (positives).

b) Écrire de façon analogue les expressions complexes de la surpression pour les ondes réfléchie et transmise, ainsi que les expressions de la vitesse pour les trois ondes.

c) Par application d'une loi de la mécanique à la paroi, déterminer une condition aux limites concernant la surpression. Quelles sont par ailleurs les conditions aux limites sur la vitesse ?

d) Déterminer les coefficients de réflexion \underline{r} et de transmission \underline{t} en amplitude de la surpression. La paroi laisse-t-elle passer plutôt les sons aigus ou graves ?

e) Déterminer les coefficients de transmission T et de réflexion R en puissance acoustique.

f) Calculer l'épaisseur e que doit avoir une paroi de verre ($\rho = 2500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) pour atténuer de 30 dB les sons à 1000 Hz dans l'air (prendre les valeurs numériques dans le cours).

Action sur une lumière polarisée

3. Tests d'identification de lampes

On dispose de quatre lampes différentes, chacune fournissant l'une des lumières suivantes : lumière de polarisation rectiligne ; lumière de polarisation circulaire ; lumière de polarisation elliptique ; lumière non polarisée. Ces lampes n'étant pas étiquetées, on cherche à les identifier au moyen des accessoires suivants : deux polariseurs ; une lame quart d'onde ; une lame demi-onde ; un détecteur de lumière permettant de mesurer les variations d'intensité.

Pour chaque lampe, on commence par projeter sa lumière sur le détecteur, puis on intercale un polariseur. En tournant celui-ci selon toutes les directions possibles (un tour complet), on fait les observations suivantes :

- avec les lampes 1 et 2, il n'y a aucune variation de l'intensité ;

- avec la lampe 3, l'intensité varie entre deux maxima et deux minima non nuls ;

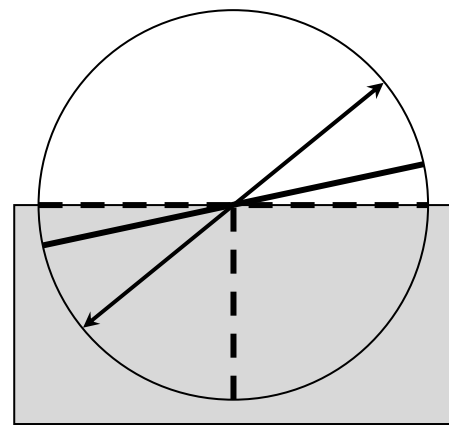
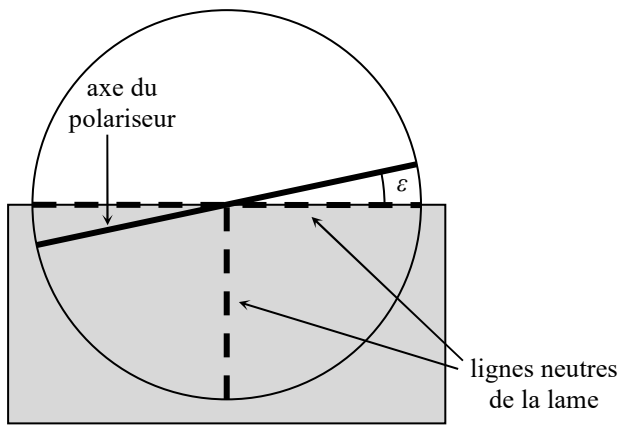
- avec la lampe 4, l'intensité varie entre deux maxima et deux minima nuls.

a) Identifier les lampes 3 et 4, en justifiant.

b) Proposer une manipulation supplémentaire pour identifier complètement les lampes 1 et 2, en précisant ce que l'on observera pour chacune d'elles.

4. Analyseur à pénombre

La détermination d'un minimum ou d'un maximum d'éclairement à l'œil nu n'est pas très précise, car les variations au voisinage d'un extremum sont très faibles. Il est en revanche plus facile de repérer quand deux plages voisines ont exactement le même éclairement : c'est principe de l'analyseur à pénombre (utilisé notamment en chimie dans le polarimètre de Laurent). Il est constitué d'un polariseur dont une moitié est recouverte par une lame demi-onde ; l'axe du polariseur fait un petit angle ε (de l'ordre de 4°) avec l'une des lignes neutres de la lame (voir schéma page suivante).



a) Sur le schéma suivant, on a ajouté la direction de polarisation d'une onde incidente. Ajouter sur le schéma la direction de polarisation de l'onde ayant traversé la lame demi-onde, puis projeter ces deux directions sur l'axe du polariseur ; en déduire laquelle des deux plages est la plus éclairée.

b) On tourne cet analyseur jusqu'à ce que les deux plages aient le même éclairement. Quelle est alors la direction de polarisation de l'onde ?



Un analyseur à pénombre utilisé en TP : il ressemble à un polariseur, mais on distingue la séparation en deux demi-disques.

☞ Réponses partielles

1. a) $e = (2m + 1) \frac{\lambda_0}{4n_1}$ avec m entier.

2. c) $-\sigma\omega^2 \underline{\xi}_0(t) = \underline{p}(0^-, t) - \underline{p}(0^+, t) ; \underline{v}(0^-, t) = \underline{v}(0^+, t) = j\omega \underline{\xi}_0(t).$