Planche 1

Questions de cours

Question 1 : Définir l'indice de réfraction d'un milieu transparent et donner la relation entre la longueur d'onde dans le vide et la longueur d'onde dans ce milieu.

Question 2 : Énoncer les lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction de la lumière.

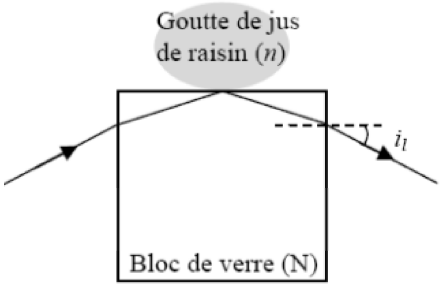
Exercice : Bassin éclairé

Un bassin de profondeur $h = 1,00$ m est totalement rempli d'eau d'indice $n = 1,33$. Au milieu et au fond du bassin est placée une source ponctuelle émettant de la lumière dans toutes les directions. On suppose le bassin suffisamment large pour que ses bords n'interviennent pas. On note n_0 l'indice de l'air.

1. Est-ce que toute la lumière émise par la source lumineuse sort du bassin ? Justifier.
2. Montrer que le rayon du disque lumineux qui se forme à la surface de l'eau et que l'on peut observer de l'extérieur du bassin est
$$R = \frac{n_0 h}{\sqrt{n^2 - n_0^2}}$$
3. Calculer la valeur numérique de R.
4. Interpréter le résultat physiquement.

Exercice : Réfractomètre

Les viticulteurs ont besoin de connaître, de façon précise, le taux de sucre présent dans le raisin qu'ils vendangent. L'indice de réfraction du jus de fruit dépend du taux de sucre qu'il contient. Le montage ci-contre illustre le principe du réfractomètre utilisé.



Une goutte de jus de raisin d'indice n inconnu est déposée sur un bloc transparent d'indice $N = 1,52$. L'ensemble est éclairé par un faisceau de lumière parallèle qui tombe sur la face d'entrée du cube sous une incidence ajustable entre 0 et $\frac{\pi}{2}$. Un viseur permet de détecter la valeur de l'angle i_ℓ à partir duquel la goutte apparaît particulièrement lumineuse. On note n_0 l'indice de l'air.

1. Expliquer pourquoi, en dessous de la valeur i_ℓ, le faisceau traversant le viseur devient plus lumineux. (Indice : réfléchir à ce qui se passe au niveau de l'interface entre la goutte et le bloc de verre)
2. Montrer que
$$n = \sqrt{N^2 - n_0^2 \sin^2 i_\ell}$$
3. Calculer la valeur numérique de n en utilisant la donnée $i_\ell = 42,8$.

Planche 2

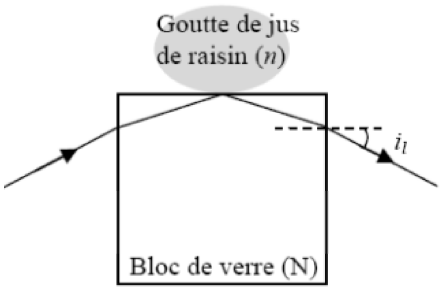
Questions de cours

Question 1 : Établir la condition de réflexion totale. Qu'appelle-t-on angle limite ?

Question 2 : Donner l'intervalle de longueurs d'onde dans le vide pour la lumière visible et les couleurs extrêmes associées.

Exercice : Réfractomètre

Les viticulteurs ont besoin de connaître, de façon précise, le taux de sucre présent dans le raisin qu'ils vendangent. L'indice de réfraction du jus de fruit dépend du taux de sucre qu'il contient. Le montage ci-contre illustre le principe du réfractomètre utilisé.



Une goutte de jus de raisin d'indice n inconnu est déposée sur un bloc transparent d'indice $N = 1,52$. L'ensemble est éclairé par un faisceau de lumière parallèle qui tombe sur la face d'entrée du cube sous une incidence ajustable entre 0 et $\frac{\pi}{2}$. Un viseur permet de détecter la valeur de l'angle i_ℓ à partir duquel la goutte apparaît particulièrement lumineuse. On note n_0 l'indice de l'air.

1. Expliquer pourquoi, en dessous de la valeur i_ℓ, le faisceau traversant le viseur devient plus lumineux. (Indice : réfléchir à ce qui se passe au niveau de l'interface entre la goutte et le bloc de verre)
2. Montrer que
$$n = \sqrt{N^2 - n_0^2 \sin^2 i_\ell}$$
3. Calculer la valeur numérique de n en utilisant la donnée $i_\ell = 42,8$.

Exercice : Bassin éclairé

Un bassin de profondeur $h = 1,00$ m est totalement rempli d'eau d'indice $n = 1,33$. Au milieu et au fond du bassin est placée une source ponctuelle émettant de la lumière dans toutes les directions. On suppose le bassin suffisamment large pour que ses bords n'interviennent pas. On note n_0 l'indice de l'air.

1. Est-ce que toute la lumière émise par la source lumineuse sort du bassin ? Justifier.
2. Montrer que le rayon du disque lumineux qui se forme à la surface de l'eau et que l'on peut observer de l'extérieur du bassin est
$$R = \frac{n_0 h}{\sqrt{n^2 - n_0^2}}$$
3. Calculer la valeur numérique de R.
4. Interpréter le résultat physiquement.

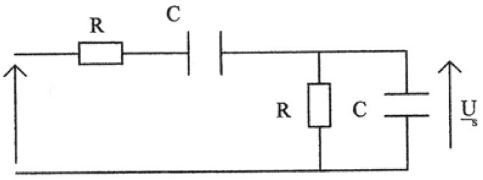
Planche 3

Questions de cours

Question : Expliquer comment on détermine le résultat de l'action d'un filtre linéaire sur un signal périodique dont on connaît la décomposition de Fourier.

Exercice : Filtre de Wien

On considère le montage ci-dessous :



1. Sans calculer la fonction de transfert, déterminer la nature du filtre en étudiant le comportement asymptotique.
2. Déterminer la fonction de transfert $\beta = \frac{U_s}{U_e}$ du quadripôle. On posera $\omega_0 = \frac{1}{RC}$.
3. On note $|\beta|$ le module de β et φ son argument. Étudier puis tracer les graphes des fonctions $|\beta| = f(\omega)$ et $\varphi = g(\omega)$. Donner en particulier la pulsation ω_M du maximum de $|\beta|$ et la valeur $|\beta|_M$ du gain correspondant.
4. Déterminer la largeur $\Delta\omega$ de la bande passante et le facteur de qualité $Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$ de ce filtre. Faire apparaître les pulsations de coupure sur le graphe $|\beta| = f(\omega)$.
5. La tension d'entrée est $U_e(t) = U_0[\cos(\omega_0 t) + \cos(3\omega_0 t)]$. Calculer $U_s(t)$.

Planche Bonus

Exercice : Détection d'un obstacle (E3A PSI 2016)

Un robot doit être capable de détecter des obstacles mobiles : enfant ou animal domestique se déplaçant.

On étudie donc, dans cette partie, la réflexion d'une onde ultrasonore sur un obstacle (ou paroi) assimilé à une interface plane, imperméable, perpendiculaire à la direction de propagation.

L'obstacle se déplace en direction de l'émetteur à vitesse constante $\vec{V} = -V\vec{e}_x$.

On place l'origine du repère à la position initiale de l'obstacle, la position de ce dernier est donc : $x_P(t) = -Vt$

On admet, dans cette partie, qu'il n'y a pas d'onde transmise.

On néglige l'effet de l'écoulement de l'air engendré par le déplacement de la paroi, c'est-à-dire que l'on considère que les ondes incidentes et réfléchies se propagent comme si l'air était au repos.

La pulsation ω_r de l'onde reçue par le récepteur à ultrasons, après réflexion de l'onde sonore émise à la pulsation ω_0 sur un obstacle mobile à la vitesse V est :

$$\omega_r = \omega_0 \frac{1 + \frac{V}{c}}{1 - \frac{V}{c}}$$

1. Dans le cas où l'obstacle mobile est un chien voulant jouer avec le robot et se déplaçant à une vitesse de $V = 3,6$ km·h^{-1} vers ce dernier, justifier la relation :

$$\omega_r = \omega_0 \left(1 + 2\frac{V}{c}\right)$$

Pour prendre la décision adéquate : rebrousser immédiatement son chemin ou continuer encore son trajet, le robot doit déterminer la vitesse V de l'obstacle mobile. Pour cela on va effectuer une détection hétérodyne, c'est-à-dire qui exploite un décalage de fréquence. Dans un premier temps on multiplie la tension u_0 à laquelle a été soumise la lame de quartz par la tension u_r délivrée par le récepteur à ultrasons. Puis on filtre le signal u_e ainsi obtenu.

2. Représenter sur un schéma-bloc les opérations effectuées sur les signaux $u_0(t)$ et $u_r(t)$ par la détection hétérodyne pour obtenir un signal dont l'amplitude est proportionnelle à la vitesse V recherchée.

On a : $u_0(t) = U_0 \cos(\omega_0 t)$, $u_r(t) = U_r \cos(\omega_r t + \varphi)$ et $u_e(t) = k \cdot u_0(t) \cdot u_r(t)$.

3. Exprimer $u_e(t)$ comme une somme de composantes harmoniques puis représenter l'allure de son spectre en pulsation.

4. Dans le cas où l'obstacle mobile est un chien voulant jouer avec le robot et se déplaçant à une vitesse de $V = 3,6$ km·h^{-1}, avec $c = 343$ m·s^{-1} et $f_0 = 40$ kHz, on désire ne conserver que la composante $\omega_r - \omega_0$ pour accéder à la valeur de V. Justifier ce choix. En déduire la nature du filtre nécessaire. Dans quel domaine de valeurs numériques doit se situer la pulsation de coupure ?

On cherche une réalisation simple de ce filtre, pour cela on étudie les 3 quadripôles suivants, pour lesquels on considère que l'intensité i_S du courant de sortie est nulle.

5. Proposer un quadripôle qui réalise la fonction de filtrage désirée ?

6. Déterminer l'expression de la fonction de transfert harmonique du filtre choisi. Exprimer la pulsation de coupure ω_C du filtre en fonction des impédances des composants du quadripôle.

7. On désire atténuer d'un facteur 100 l'amplitude de la composante haute fréquence du signal $u_e(t)$, déterminer la valeur de la pulsation de coupure ω_C du filtre. Quel est alors la valeur du facteur d'atténuation de la composante basse fréquence du signal ? Commenter.