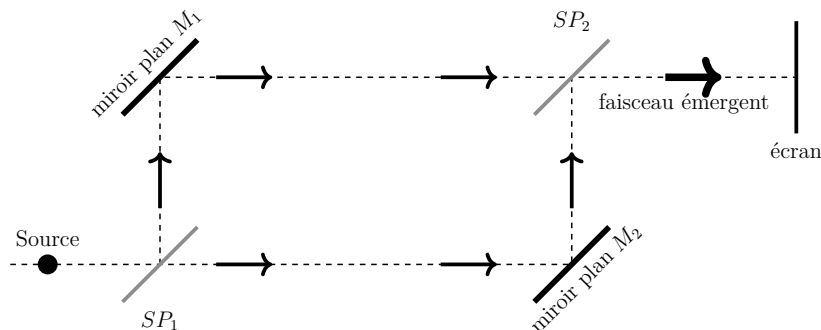


Planche d'exercices n°4

Exercice 1 : Interféromètre de Mach–Zehnder

Mines-Ponts

Un interféromètre de Mach–Zehnder est un interféromètre à division d'amplitude, dont le schéma de principe est représenté ci-dessous :



Les lames séparatrices notées SP_1 et SP_2 sont identiques de coefficient de transmission $\underline{t} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ et de coefficient de réflexion $\underline{r} = \frac{i}{\sqrt{2}}$ (où $i^2 = -1$). Les miroirs sont notés M_1 et M_2 .

- Q.1 Dessiner les points S_1 , image de la source S par $\{SP_1, M_1\}$ et S_2 , image de S par $\{SP_1, M_2, SP_2\}$.
- Q.2 Qu'observe-t-on sur l'écran dans la configuration initiale (lorsque les miroirs et les séparatrices sont inclinés à 45° tel que représenté sur le schéma ci-dessus) ?
- Q.3 On incline le miroir M_1 d'un angle α . Décrire la figure d'interférence et calculer l'interfrange.

Exercice 2 : Rendement d'un moteur

Mines-Ponts

On considère un moteur thermique réversible, fonctionnant avec une source chaude à la température constante T_c et une source froide à la température $T(t)$ variable, comprise entre deux températures T_0 et T_1 telles que $T_0 < T_1 < T_c$. La source froide est initialement à la température T_0 et on note C sa capacité thermique.

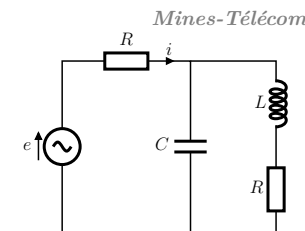
- Q.1 Déterminer le rendement à un instant t en fonction de $T(t)$ et T_c .
- Q.2 Déterminer le rendement entre les instants où la source froide passe de la température T_0 à T_1 .
- Q.3 À quelle température se trouve la source froide après que le moteur ait fourni un travail W_0 ?

Exercice 3 : Déphasage dans un circuit

On alimente ce circuit avec une tension sinusoïdale e de fréquence f .

Lors d'un TP, une étudiante remarque qu'il existe une valeur de R telle que e et i soient en phase.

Donner l'expression de cette résistance en fonction de L , C et f .



Exercice 4 : Tasse dans un train

CCinP

On étudie une tasse de café sur une table horizontale dans un train. Au départ de celui-ci, on observe que la tasse pleine reste immobile par rapport à son support. Puis, au second départ après la première halte ferroviaire, la tasse ayant été à moitié buë, elle glisse vers le passager qui est installé dans le sens de la marche.

- Q.1 L'accélération du train est-elle la même dans les deux situations ?
- Q.2 Estimer l'accélération du train lors du second départ.

Exercice 5 : Cristallographie de l'or

CCinP

L'or cristallise selon un réseau cubique à faces centrées. On donne $M(\text{Au}) = 197 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et $\mathcal{N}_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

- Q.1 Un cube d'or d'une masse $m = 1 \text{ kg}$ a une arête $L = 3,72 \text{ cm}$. Calculer le paramètre a de la maille cubique.
- Q.2 En déduire le rayon $R(\text{Au})$. Quelle est la compacité ?
- Q.3 Indiquer la position et le nombre de sites octaédriques par maille. Quel est le rayon maximal R_M d'un motif pouvant être inséré dans un site octaédrique sans déformation de la structure ?

Exercice 6 : Minimisation d'une entropie créée

CCinP

On cherche à chauffer un solide de la température T_1 à la température T_2 en le plaçant successivement au contact de deux thermostats, un à la température $T_i < T_2$ puis un autre à la température T_2 .

- Q.1 Déterminer la température T_i pour que l'entropie créée soit minimale.
- Q.2 Comment passer de T_1 à T_2 en créant un minimum d'entropie ? Que vaut-elle alors ? Comment qualifier la transformation ? Quelle est la source de création d'entropie ?

Exercice 7 : Étude d'un téléobjectif d'appareil photographique *CCinP*

Un téléobjectif est constitué de deux lentilles minces dont les axes optiques coïncident. La lentille d'entrée L_1 a une vergence $C_1 = 10\delta$ et est suivie d'une lentille L_2 de vergence $C_2 = -40\delta$. La distance O_1O_2 séparant les deux lentilles vaut 8 cm. Un objet AB de hauteur égale à 0,5 m est placé à une distance $d = 100$ m de O_1 sur l'axe optique.

- Q.1 Déterminer les caractéristiques de l'image intermédiaire A_1B_1 donnée par L_1 .
- Q.2 Quel rôle joue cette image pour la seconde lentille ? Déterminer les caractéristiques de l'image définitive $A'B'$.
- Q.3 Les résultats de la question précédente sont-ils conformes aux propriétés attendues pour l'image donnée par un téléobjectif sur un capteur ?
- Q.4 Déterminer la position de la lentille convergente unique qui permettrait d'arriver au même résultat. Préciser sa distance focale.

L'encombrement d'un instrument, usuellement noté Δ , est la distance entre la lentille d'entrée et le capteur.

- Q.5 Déterminer les encombrements des deux systèmes équivalents précédents. Conclure quant à l'intérêt du téléobjectif.
- Q.6 **Questions classiques d'optique géométrique :** distance minimale entre objet et image par une lentille convergente ; tracé de rayons par une lentille quelconque pour un objet quelconque ; grandissement d'une lunette ; ...

Exercice 8 : Aspect énergétique dans un plasma *Mines-Ponts*

Dans un plasma contenant n électrons par unité de volume règne un champ électrique de la forme :

$$\vec{E} = E_0 \exp [i(\omega t - kz)] \vec{e}_x$$

Le réseau de cations assure l'électroneutralité. Le système est non relativiste.

- Q.1 Avec un PFD sur un électron, montrer que la dispersion est possible pour $\omega > \omega_c$ où on exprimera ω_c . Représenter la relation de dispersion.
- Q.2 Calculer l'énergie cinétique moyenne d'un électron.
- Q.3 Déterminer la densité volumique d'énergie totale (électrons + rayonnement). Commenter.

Exercice 9 : Portière de voiture *Mines-Télécom*

On étudie une portière de voiture ouverte d'un angle qu'on note θ (entre la portière et le châssis de la voiture). La voiture avance en translation rectiligne uniformément accélérée d'accélération a . La portière est initialement ouverte avec un angle θ_0 .

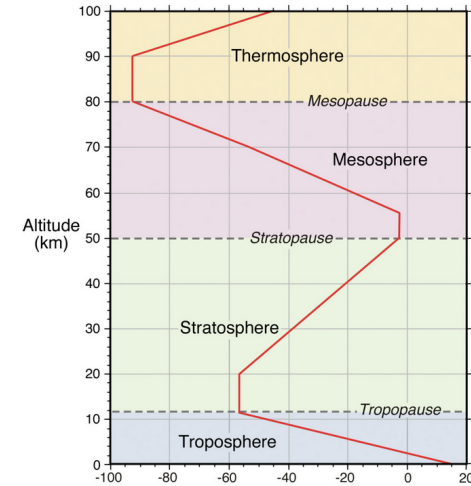
- Q.1 Trouver l'équation différentielle régissant l'évolution de θ .
- Q.2 Exprimer le temps Δt que mettra la portière à se refermer.

La voiture suit maintenant une trajectoire circulaire de rayon R uniforme à la vitesse v_0 .

- Q.3 Quelle est la position d'équilibre de la portière ? Est-elle stable ?
- Q.4 Déterminer la période des petites oscillations autour de cette position d'équilibre.

Exercice 10 : Pression au mont blanc *Mines-Télécom*

Le graphique suivant montre la variation de température en fonction de l'altitude dans l'atmosphère :



- Q.1 Déterminer le gradient de la température dans la troposphère.
- Q.2 Déterminer la pression au sommet du Mont Blanc.