Concours National Commun (CNC), Maroc

Session 2013, filière PSI

Physique I

Durée : 4 heures

Ce que traite le sujet

- Problème I, I : propagation d'une onde acoustique dans un tuyau cylindrique de section constante contenant un fluide
- Problème I, II : propagation d'une onde acoustique sinusoïdale dans un tuyau cylindrique de section constante contenant un fluide
- Problème II, I : goniomètre
- Problème II, II : prisme

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/cnc/psi/2013/physique1

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

- *On veillera à une présentation et une rédaction claires et soignées des copies. Il convient en particulier de rappeler avec précision les références des questions abordées.*
- *Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant clairement les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.*
- *Toutes les réponses devront être très soigneusement justifiées.*

- *Si un résultat donné par l'énoncé est non démontré, il peut néanmoins être admis pour les questions suivantes. Ainsi, les diverses parties du problème sont relativement indépendantes entre elles.*

L'épreuve se compose de deux problèmes indépendants.

Problème I – Ondes acoustiques

Données :

- Dans tout le problème, on assimile l'air à un gaz parfait à la température $T_0 = 298\ K$ et à la pression P_0 ;
- Masse molaire de l'air : $M = 29\ g.mol^{-1}$;
- Rapport des capacités calorifiques de l'air $\gamma = 1,4$;
- Constante des gaz parfaits : $R = 8,31\ J.K^{-1}.mol^{-1}$;
- Masse volumique de l'air à T_0 et P_0 : $\mu_0 = 1,2\ kg.m^{-3}$.

Dans ce problème, on étudie la propagation unidimensionnelle suivant l'axe Ox d'ondes acoustiques dans un fluide supposé parfait. On supposera que les parois des différents tuyaux, qui interviennent tout au long de ses parties, n'exercent aucun frottement sur le fluide. On néglige les forces de pesanteur devant les forces de pression ainsi que les échanges thermiques et d'irréversibilité.

I. Propagation d'une onde acoustique dans un tuyau cylindrique de section constante contenant un fluide

Le fluide est contenu dans un tuyau de révolution autour de l'axe Ox dirigé par le vecteur unitaire $\vec{e}_x$, de longueur infinie et de section constante S_0. Dans le référentiel $R_0(O,x,y,z,t)$ supposé galiléen, le fluide au repos à la température T_0 est caractérisé par des champs de masse volumique μ_0 et de pression P_0 uniformes et un champ de vitesse nul.

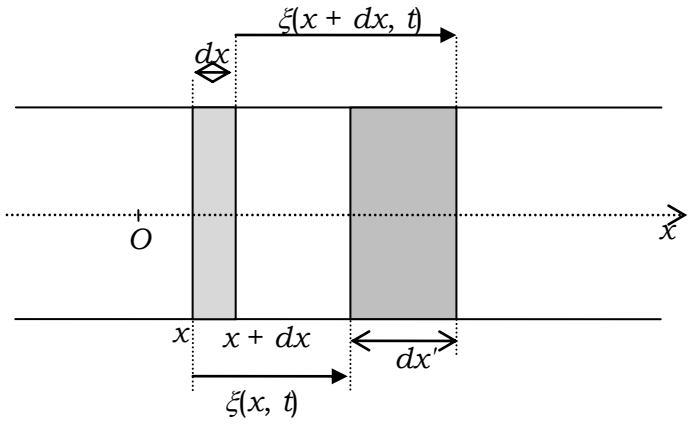


figure 1

On considère une tranche de fluide qui, au repos, est comprise entre les abscisses x et $x+dx$. Le passage de l'onde acoustique dans le fluide s'accompagne d'un

déplacement d'ensemble des molécules contenues dans la section du fluide d'abscisse x : soit $\xi(x,t)$ ce déplacement à l'instant t ; ainsi la tranche de fluide considérée se trouve à l'instant t entre les plans $x+\xi(x,t)$ et $x+dx+\xi(x+dx,t)$ (figure 1).

Les champs de masse volumique $\mu(x,t)$, de pression $P(x,t)$ et de vitesse $\vec{v}(x,t)=v_1(x,t)\vec{e}_x$ à l'instant t sont de la forme : $\mu(x,t)=\mu_0+\mu_1(x,t)$, $P(x,t)=P_0+p_1(x,t)$ et $v(x,t)=v_1(x,t)$ où $p_1(x,t)$ définit la surpression et $\mu_1(x,t)$ est la modification de la masse volumique du fluide. On note c la vitesse de l'onde acoustique dans le fluide. Les grandeurs $\frac{\mu_1(x,t)}{\mu_0}$, $\frac{p_1(x,t)}{P_0}$ et $\frac{v_1(x,t)}{c}$ ont en tout point du fluide une valeur moyenne temporelle nulle et sont supposées a priori des infiniment petits de même ordre, ainsi que leurs dérivées spatiales et temporelles. On se limitera ainsi aux mouvements de faibles amplitudes et on négligera tous les infiniment petits d'ordre supérieur ou égal à deux.

1. Définir brièvement ce qu'est une onde acoustique. A quelles conditions sur sa fréquence et son intensité est-elle audible ? Quelle est la grandeur physique qui caractérise la hauteur d'un son pur ?

2. Qu'appelle-t-on onde transversale et onde longitudinale ? Donner dans chaque cas un exemple.

3. Exprimer, à l'instant t, la nouvelle épaisseur dx' de la tranche considérée ci-dessus en fonction de dx et de l'une des dérivées de $\xi(x,t)$. En déduire la variation relative de volume de la tranche de fluide entre les instants O et t en fonction de $\frac{\partial\xi}{\partial x}$.

4. Justifier brièvement que l'évolution de la tranche de fluide considérée est isentropique.

5. On définit le coefficient de compressibilité χ_S du fluide à entropie S constante par : $\chi_S=-\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_s$, V étant le volume du fluide et P sa pression. On suppose que χ_S reste constant pour les transformations envisagées du fluide. Montrer que l'on peut écrire $p_1=-\frac{1}{\chi_S}\frac{\partial\xi}{\partial x}$.

6. Etablir l'expression de la résultante $d\vec{F}$ des forces de pression qui agissent sur la tranche considérée, à l'instant t. Montrer que cette force est donnée par : $d\vec{F}=-\frac{\partial p_1}{\partial x}S_0dx\vec{e}_x$.

7. En raisonnant sur la tranche de fluide comprise au repos entre les abscisses x et $x+dx$, établir, en précisant la loi utilisée, que $\mu_0\frac{\partial^2\xi}{\partial t^2}=-\frac{\partial p_1}{\partial x}$.

8. Déduire des résultats précédents l'équation à laquelle satisfait le déplacement $\xi(x,t)$.

9. Montrer que le déplacement $\xi(x,t)$ est solution d'une équation de propagation de D'Alembert. Dans le cas d'ondes planes, donner sans démonstration, la forme générale des solutions de cette équation et préciser leur signification. Exprimer la vitesse c de l'onde acoustique dans le fluide en fonction de μ_0 et χ_S.

10. Montrer que la surpression $p_1(x,t)$ et la vitesse $v_1(x,t)$ satisfont à la même équation de propagation que le déplacement $\xi(x,t)$.

11. On admet que le modèle développé permet de décrire la propagation d'ondes acoustiques longitudinales dans l'air pour lequel la pression, la température et la masse volumique correspondent respectivement, à l'équilibre, à P_0, T_0 et μ_0.

11.1. Donner alors l'expression de la vitesse c en fonction de R, T_0, M et γ.

11.2. Evaluer la compressibilité χ_S de l'air et la vitesse c du son dans l'air, à la température T_0, d'après le modèle utilisé.

11.3. Expliquer, en donnant le schéma d'un montage expérimental, comment l'on devra procéder expérimentalement pour mesurer la vitesse c du son.

11.4. Commenter, à l'aide des résultats du modèle, les valeurs expérimentales du tableau ci-contre de la vitesse du son dans l'air.

T_0 en °C	c en $m.s^{-1}$
0	331
25	346

11.5. Au lieu de supposer la propagation isentropique, on aurait pu prendre l'hypothèse de Newton : la propagation du son est isotherme.
Montrer que l'hypothèse de Newton revient, dans les résultats précédents établis à partir de l'hypothèse de la propagation isentropique, à faire tendre γ vers 1 et en déduire la valeur numérique de la vitesse du son dans l'air à 25 °C dans l'hypothèse de Newton. Conclure.

11.6. Comment varie la vitesse du son dans l'air lorsque la masse volumique de l'air diminue mais sans variation de température (comme par exemple, dans un air humide) ?

II. Propagation d'une onde acoustique sinusoïdale dans un tuyau cylindrique de section constante contenant un fluide

On considère la propagation dans le fluide d'une onde plane progressive sinusoïdale de pulsation ω et de module d'onde k.
Les champs de surpression acoustique et de vitesse particulaire ont pour expression en notation complexe : $\underline{p}_1(x,t) = p_0 e^{j(\omega t - kx)}$ et $\underline{v}_1(x,t) = v_0 e^{j(\omega t - kx)}$ où p_0 et v_0 sont les amplitudes correspondantes.

12. Caractériser l'onde acoustique décrite par la surpression $\underline{p}_1(x,t)$. Déterminer l'expression de k en fonction de ω et c.

13. On définit, en notation complexe, l'impédance acoustique $\underline{Z}_c$ du milieu, par la la relation : $\underline{Z}_c = \dfrac{\underline{p}_1(x,t)}{\underline{v}_1(x,t)}$.

13.1. Justifier cette appellation par analogie électrique.

13.2. Montrer que $\underline{Z}_c = \mu_0 c$. Commenter. Déterminer son unité dans le système international.

13.3. Calculer la valeur du module de $\underline{Z}_c$ pour l'air à la température $25\,°C$.

13.4. La propagation d'une onde acoustique est associée à un transfert d'énergie. L'intensité acoustique I de l'onde décrite ci-dessus représente la puissance moyenne transmise par l'onde à travers une surface unité perpendiculaire à Ox . Montrer qu'elle est donnée par : $I = \dfrac{{p_0}^2}{2\mu_0 c}$.

13.5. Des expériences montrent que l'intensité minimale perçue par l'oreille humaine à la fréquence $f = 1\,\text{k}Hz$ est $I_0 = 10^{-12}\ \text{W.m}^{-2}$. Calculer la valeur numérique de p_0 à $25\,°C$ correspondant à I_0.

13.6. On définit le niveau sonore, exprimé en décibels par : $I_{dB} = 10.\log\left(\dfrac{I}{I_0}\right)$. Donner une raison qui justifie le décibel. Quelle est la valeur de l'amplitude de la surpression p_0 correspondant à un seuil de niveau sonore dit de douleur évalué à $120\,dB$?

Problème II – Spectrogoniomètre à prisme

La spectrométrie est une technique de mesure des longueurs d'onde correspondant aux raies émises par une source lumineuse.

On s'intéresse dans ce problème à l'étude des deux aspects, théorique et expérimental, du spectrogoniomètre à prisme.

I. Goniomètre

Un goniomètre est essentiellement constitué d'un plateau horizontal circulaire gradué en demi-degré de 0 à 359° autour duquel peuvent se déplacer un collimateur et une lunette de visée. Un vernier comportant 30 divisions sur 0,5 degré permet de faire une lecture à la minute d'arc près. Il est utilisé dans le repérage des positions angulaires de la lunette de visée, depuis une direction arbitraire de référence.

Les rayons issus du collimateur traversent un système dispersif, placé au centre avant d'être recueillis par la lunette qui en donne une image à l'infini.

Toutes les lentilles constituant la lunette et le collimateur sont supposées minces et achromatiques.

1. A quoi sert un goniomètre ?

2. Expliquer le terme "achromatique". Pourquoi utilise-t-on des lentilles achromatiques dans un spectromètre ?

3. La lunette de visée permet de repérer un rayon émergent ou réfléchi par le système dispersif et de mesurer son angle de manière précise à l'aide du vernier. Elle est constituée des éléments suivants :

- un objectif : c'est une lentille convergente de distance focale $f'_1 = 130\,mm$, de foyer image F'_1, de centre O_1 et fixe dans un tube. Il donne de l'objet observé ou pointé une image intermédiaire.

- un oculaire : c'est un doublet de lentilles convergentes non accolées que l'on modélisera par une lentille convergente de vergence $V_2 = 25\ \delta$, de centre O_2 et de foyer objet F_2. L'oculaire permet l'observation « à la loupe » de l'image intermédiaire.
- un réticule R (deux fils croisés à angle droit), placé entre l'objectif et l'oculaire. Un tambour de réglage permet de le superposer à l'image intermédiaire.

3.1. Expliquer les qualifacatifs « objectif » et « oculaire ».

3.2. Une lunette est réglée si elle est rendue afocale. Donner l'intérêt de ce réglage pour un œil emmétrope et expliquer brièvement les étapes de ce réglage. Calculer l'encombrement total O_1O_2 de la lunette.

3.3. Faire un schéma de principe de la lunette réglée. Tracer sur ce schéma la marche à travers la lunette d'un faisceau de lumière faisant angle θ avec l'axe optique de celle-ci. On note θ' l'angle que font les rayons émergents de la lunette avec son axe optique. Exprimer le grossissement $G = \dfrac{\theta'}{\theta}$ de la lunette et calculer sa valeur numérique.

4. Le collimateur est un système optique constitué d'un objectif (lentille convergente de distance focale $f'_c = 170\ mm$) et d'une fente dont la largeur est réglable. Un tambour de réglage permet de faire varier la distance entre la fente source et l'objectif. Le collimateur est éclairé à travers sa fente par la source étudiée

4.1. Préciser le rôle du collimateur.

4.2. Le réglage du collimateur consiste à amener la fente au foyer objet de l'objectif. On utilise pour cela une lunette préalablement réglée à l'infini. Expliquer brièvement les étapes du réglage du collimateur.

Dans la suite, on suppose que la lunette et le collimateur sont réglés à l'infini.

II. Prisme

On considère un prisme constitué par une substance supposée non absorbante, homogène et isotrope. On note n $(n>1)$ l'indice de cette substance pour une radiation de longueur d'onde λ.

Du point de vue optique, le prisme correspond à un dièdre d'angle A et plonge dans l'air dont l'indice sera pris égal à 1.

On restreindra l'étude à des rayons lumineux incidents dans un plan de section principale et on appelle (Π_e) et (Π_s) les dioptres plans d'entrée et de sortie qui constituent le prisme. On note D l'angle de déviation du rayon incident par le prisme.

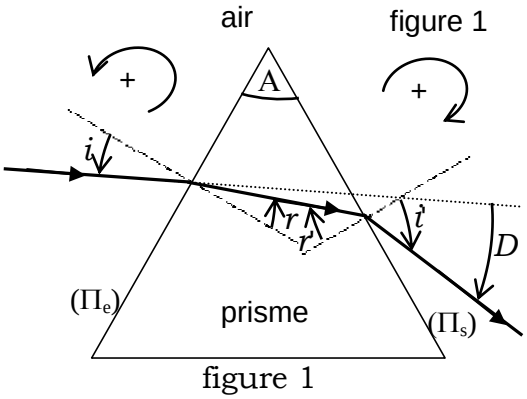


figure 1

Les angles étant toujours orientés de la normale vers le rayon, on convient de noter positivement :

- les angles i et r à l'entrée lorsqu'ils sont orientés dans le sens trigonométrique,

- les angles à la sortie, i' et r' ainsi que la déviation D, lorsqu'ils sont orientés dans le sens inverse (figure 1).

5. Qu'appelle-t-on plan de section principale du prisme ?

6. Pourquoi éclaire-t-on le prisme en lumière parallèle ?

7. Rappeler, en se servant d'un schéma clair, les lois de Snell-Descartes pour la réflexion et celles pour la réfraction.

8. Justifier pourquoi les rayons lumineux transmis dans le prisme sont dans le plan d'incidence défini par le rayon lumineux incident et la normale au plan (Π_e).

9. En respectant les notations de la figure 1 et le choix du sens positif pour les angles, écrire quatre relations entre les angles i, i', r, r', A et D.

10. Justifier que le rayon incident pénètre toujours dans le prisme par le premier dioptre (Π_e) quel que soit son angle d'incidence i. Montrer que ce rayon peut être totalement réfléchi au second dioptre (Π_s) si $A > 2\Lambda$ où Λ est un angle qu'on exprimera en fonction de n.

11. On suppose la condition $A < 2\Lambda$ vérifiée. On éclaire le prisme d'angle A par une radiation de longueur d'onde λ donnée et on étudie la variation de la déviation D en fonction de l'angle d'incidence i.

La figure 2 donne l'allure de D en fonction de i. Commenter cette allure.

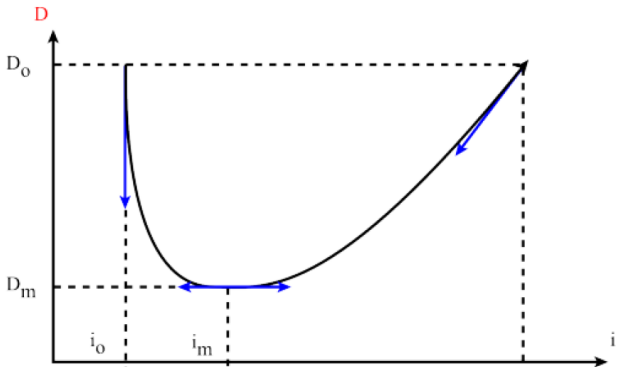


figure 2

12. Quelle condition supplémentaire doit vérifier l'angle d'incidence i pour que le rayon incident qui pénètre dans le prisme émerge de ce dernier ? On notera cette condition sous la forme $i_0 < i < \frac{\pi}{2}$ et on exprimera i_0.

On suppose dans toute la suite qu'un rayon incident donne naissance à un rayon émergent.

13. Montrer que D_m vérifie la relation : $\sin(\frac{D_m + A}{2}) = n \sin(\frac{A}{2})$ et préciser que lorsque $D = D_m$, on a $i = i' = i_m$ et $r = r' = r_m$. Donner l'expression de i_m et celle de r_m. Représenter sur un schéma la marche d'un rayon de lumière monochromatique traversant le prisme au minimum de déviation. Quel est l'intérêt d'utiliser un prisme au minimum de déviation ?

14. Comment varie la déviation D en fonction de l'angle A du prisme d'indice n et éclairé sous l'incidence i ? En déduire que la déviation a lieu du coté de la base du prisme

15. Quelle est la propriété fondamentale à l'origine de la spectroscopie à prisme. Comment qualifie-t-on un tel milieu ?

16. **Choix du prisme**

Il existe différents types de verre :

- Le verre courant, appelé crown en optique, est fabriqué à partir de la silice, de la soude, de la potasse et de la chaux. Son indice moyen est $n_c = 1{,}5$.
- Le cristal, ou flint est un verre qui contient du plomb. Son indice moyen est $n_c = 1{,}7$.

Le tableau ci-dessous donne les indices de deux radiations monochromatiques pour deux types de verre différents. On suppose que les prismes sont éclairés sous la même incidence $i = 60°$.

longueur d'onde	couleur	n (prisme en crown)	n (prisme en flint)
$\lambda_R = 656{,}3\ nm$	Rouge	1,514	1,694
$\lambda_B = 486{,}1\ nm$	Bleu	1,522	1,717

16.1. Calculer l'angle que fait le rayon bleu avec le rayon rouge pour un verre crown, puis pour un verre flint. Faire une figure.

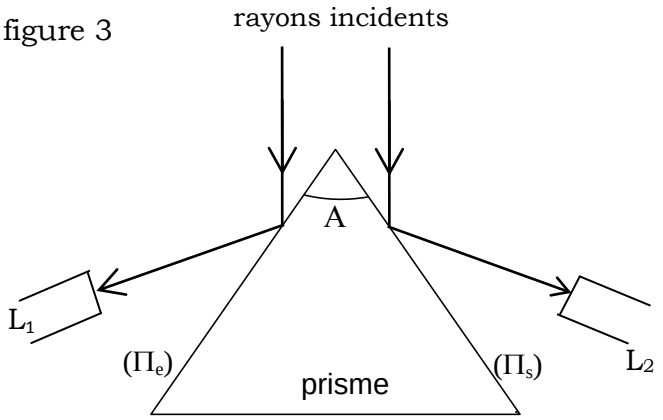
16.2. Quel est le verre le plus dispersif ? Quel verre vaut-il mieux utiliser pour réaliser un spectromètre à prisme ?

17. Mesure de l'angle A du prisme

On cherche à déterminer l'angle A que fait le prisme à son arête utile. Une méthode consiste à orienter le prisme de façon à ce que le faisceau lumineux issu du collimateur tombe sur l'arête utile et se réfléchisse sur les deux faces (Π_e) et (Π_s) de part et d'autre (figure 3).

On pointe successivement à l'aide du fil vertical du réticule de la lunette les deux images réfléchies de la fente source sur (Π_e) (position (L_1)) puis sur (Π_s) (position (L_2)).

figure 3



Les lectures des deux positions de la lunette, faites par rapport la même origine, sont respectivement $\alpha_1 = 92°45'$ et $\alpha_2 = 212°50'$.

17.1. Etablir la relation entre l'angle du prisme A et les deux lectures α_1 et α_2.

17.2. Calculer la valeur numérique de l'angle du prisme A.

17.3. Citer trois principales sources d'erreurs dans la mesure de A.

17.4. La mesure de l'angle A du prisme dépend-elle de l'orientation du prisme ? Pourquoi ?

18. Mesure de l'angle de déviation minimal D_m

La fente du collimateur réglé à l'infini est éclairée par une source de lumière monochromatique de longueur d'onde λ_0. La lumière issue du collimateur éclaire la face (Π_e) du prisme comme indiqué sur le schéma de la figure 4. On tourne le prisme par rapport à la verticale afin d'obtenir un faisceau émergent de sa face (Π_s) correspondant au minimum de déviation.

On pointe la raie de longueur d'onde λ_0 (position (L'_1)). La lecture de la position de la lunette est $\alpha'_1 = 139°15'$.

On réitère les mêmes opérations mais en changeant la position du prisme afin d'éclairer la face (Π_s) et obtenir un faisceau émergent de sa face (Π_e). Cette position correspond à nouveau au minimum de déviation. On pointe la même raie (position (L'_2)). La lecture de la position de la lunette est $\alpha'_2 = 230°45'$. Les deux lectures sont faites par rapport à la même origine.

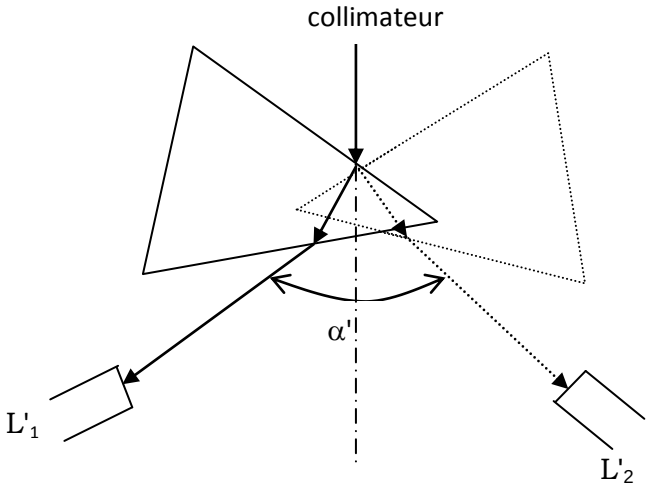


figure 4

18.1. Expliquer la démarche pour chercher expérimentalement le minimum de déviation de la lumière dans un prisme.

18.2. Montrer que l'angle α' entre les deux positions (L'_1) et (L'_2) de la lunette est le double de l'angle minimum de déviation : $\alpha' = 2D_m$. En déduire la valeur numérique de l'angle de déviation minimale D_m.

18.3. Donner une autre méthode de mesure du minimum de déviation D_m pour la radiation de longueur d'onde λ_0.

19. Mesure de l'indice du prisme

En utilisant les valeurs numériques de A et D_m trouvées respectivement dans les questions **17.2** et **18.2**, calculer numériquement l'indice n du prisme pour la radiation de longueur d'onde λ_0. S'agit-il de Crown ou de Flint ?

20. Mesure d'une longueur d'onde

La dépendance de l'indice du prisme vis-à-vis de la longueur d'onde est correctement décrite par la loi empirique de Cauchy $n = n(\lambda) = C_1 + \frac{C_2}{\lambda^2}$ avec $C_1 = 1,652$ et $C_2 = 1,50.10^{-2}\mu m^2$.

20.1. Expliquer qualitativement l'effet du prisme sur une lumière incidente polychromatique. En déduire comment vérifier expérimentalement la loi de Cauchy.

20.2. En utilisant la valeur numérique de l'indice n trouvée dans la question **19**, calculer la longueur d'onde λ_0 de la radiation utilisée. Quelle couleur correspond à cette radiation ?

21. Pouvoir dispersif

On désire fabriquer un spectromètre avec un bon système dispersif. Hésitant entre le prisme et le réseau, on cherche à comparer le pouvoir dispersif de ces deux systèmes.

La dispersion d'un spectromètre conditionne son aptitude à séparer des longueurs d'onde très voisines. Le pouvoir dispersif angulaire se mesure par le taux de variation de la déviation avec λ au voisinage de la déviation minimale. On éclaire la fente du collimateur par une lumière polychromatique et on règle le système dispersif au minimum de déviation.

21.1. Le prisme ($\mathcal{P}$) d'angle A calculé dans la question **17.2** est taillé dans un verre dont l'indice de réfraction suit la loi de Cauchy : $n = n(\lambda) = C_1 + \frac{C_2}{\lambda^2}$.

Etablir, au voisinage d'une longueur d'onde λ, l'expression du pouvoir dispersif angulaire $P_P = \left|\frac{dD_m}{d\lambda}\right|$ de ce prisme en fonction de C_2, A, λ et n.

A.N. Calculer P_P en $rad.nm^{-1}$ pour une radiation de longueur d'onde $\lambda = 589{,}3$ nm.

21.2. Etablir, au voisinage d'une longueur d'onde λ, l'expression du pouvoir dispersif angulaire $P_R = \left|\frac{dD_m}{d\lambda}\right|$ d'un réseau ($\mathcal{R}$) comportant n' fentes (par mm) en fonction de n', λ et de l'ordre d'interférence p. Comment varie P_R en fonction de n' et de p ? On rappelle la relation fondamentale d'un réseau par transmission éclairé en lumière parallèle sous l'incidence i : $\sin(i'_p) - \sin(i) = pn'\lambda$ où i' est l'angle de diffraction des rayons lumineux.

A.N. Calculer P_R en $rad.nm^{-1}$ pour une radiation de longueur d'onde $\lambda = 589{,}3$ nm et pour l'ordre 1. On donne : $n' = 600$ fentes/mm.

21.3. Comparer les performances du prisme avec celle du réseau.

22. Cas d'une source polychromatique

La fente du collimateur est maintenant éclairée par une source de lumière bichromatique. La lumière émise par cette source est constituée de deux radiations de longueurs d'onde très voisines λ_1 et $\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda$ ($\Delta\lambda << \lambda_1$). On suppose que le prisme est réglé de façon à recevoir la lumière issue du collimateur sous une incidence coïncidant avec le minimum de déviation pour ces deux radiations. L'indice du prisme vérifie la relation de la question **20.**

22.1. Décrire le phénomène observé à la sortie du prisme et représenter soigneusement sur un schéma la marche de la radiation de longueur d'onde λ_1 et celle de longueur d'onde $\lambda_2 > \lambda_1$.

22.2. Montrer que le passage de la radiation de longueur d'onde λ_1 à celle de longueur d'onde λ_2 se traduit par une variation de la déviation D_m donnée par : $dD_m = -4C_2 \frac{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}{\cos\left(\frac{D_m + A}{2}\right)} . \frac{d\lambda}{\lambda^3}$. Quelle est la couleur la plus déviée par le prisme dans le spectre visible ?

Exprimer la distance $d = F'_{\lambda_1} F'_{\lambda_2}$ séparant les deux images F'_{λ_1} et F'_{λ_2} correspondant aux deux radiations dans le plan focal de l'objectif de la lunette. Calculer la valeur numérique de d pour le doublet du mercure. On donne : $A = 60°$, $\lambda_{1Hg} = 577{,}0\ nm$ et $\lambda_{1Hg} = 579{,}0\ nm$. Commenter.

22.3. Le prisme est maintenant éclairé par un rayon de lumière polychromatique. Représenter sur un schéma les marches respectives des rayons rouge, jaune et bleu dans l'hypothèse d'un angle d'incidence i correspondant au minimum de déviation pour le jaune.

22.4. Expliquer brièvement comment modifier le dispositif étudié pour que le spectre d'une source puisse être enregistré sur une plaque photographique ou une barrette CCD.

23. Projection du spectre

Afin de projeter le spectre lumineux d'une source, on utilise de préférence un prisme à vision directe (PVD), figures 5 et 6. Ce dernier est constitué de trois prismes accolés ; un en flint d'un angle A_f et d'indice n_f intercalé entre deux en crown identiques d'angle au sommet $A_c = 90°$ et d'indice n_c.

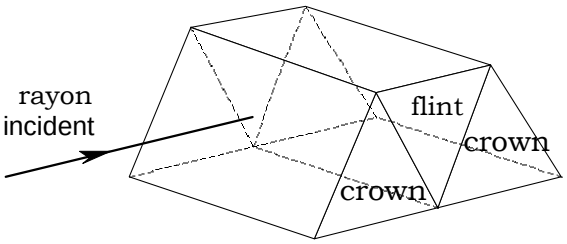
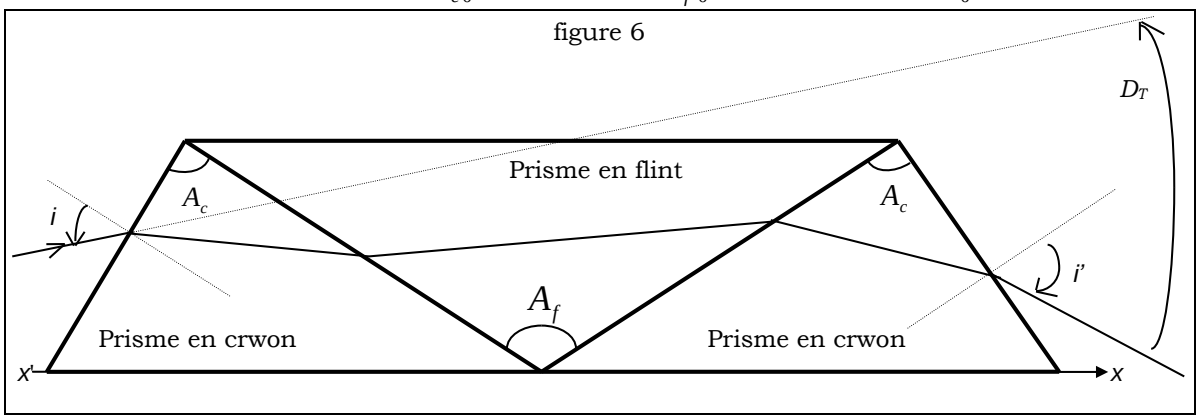


figure 5

Les indices n_f et n_c dépendent de la longueur d'onde λ de la radiation émise par la source et valent respectivement $n_{c0} = 1,51105$ et $n_{f0} = 1,63620$ pour $\lambda_0 = 589,3\ nm$.

figure 6



23.1. Montrer que la déviation totale D_T est donnée par $D_T = i + i' + A_f - \pi$.

La fente du collimateur est maintenant éclairée par une source de lumière polychromatique. On remplace le prisme simple par un PVD et on l'éclaire parallèlement à l'axe $(x'x)$. On veut calculer l'angle A_f pour que la déviation totale D_T soit nulle pour la raie jaune du sodium de longueur d'onde $\lambda_0 = 589,3\ nm$.

23.2. Sachant que le système optique étudié présente une symétrie plane par rapport au plan bissecteur du dièdre d'angle A_f, tracer la marche du rayon lumineux correspondant à la raie jaune du sodium pour que la déviation totale D_T soit nulle.

23.3. Etablir l'expression de l'angle A_f en fonction de n_c et n_f correspondant à ce réglage. Calculer la valeur numérique de A_f.

23.4. Citer deux intérêts d'un PVD par rapport à un prisme simple.

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de PSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Calcul infinitésimal du physicien : dérivées et différentielles
- Grandeurs, unités, analyse dimensionnelle et ordres de grandeur
- Régime sinusoïdal forcé
- Optique géométrique et formation des images
- Superposition d'ondes lumineuses, trous d'Young et réseau
- Mesures et incertitudes

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière : **écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/cnc/psi