

MPSI – CSI

Devoir de Physique n°2

Durée : 2 heures

Calculatrice autorisée

Ce sujet comporte 5 exercices totalement indépendants qui peuvent être traités dans l'ordre souhaité.

L'énoncé est constitué de 5 pages.

Consignes générales

- Lire la totalité de l'énoncé et commencer par les exercices les plus abordables.
- Un résultat d'une question précédente peut être admis pour poursuivre l'exercice.

Présentation de la copie :

- **Encadrer** les expressions littérales et souligner les résultats numériques.
- **Numéroter les pages** sous la forme x/nombre total de pages.

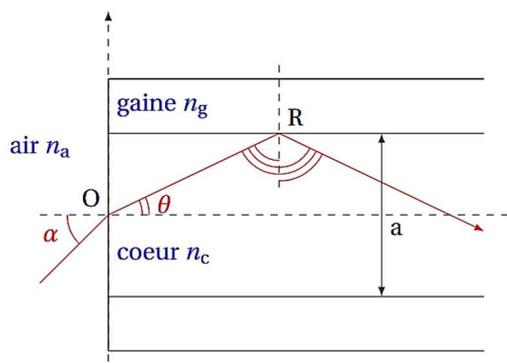
Rédaction :

- Faire des **schémas** grands, beaux, complets, lisibles.
- **Justifier toutes vos réponses.**
- Les **relations** doivent être **homogènes**.
- Applications numériques : nombre de chiffres significatifs adapté et avec **une unité**. Les résultats sans la bonne unité ne seront pas pris en compte.

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 les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

Exercice 1 : Etude d'une fibre optique

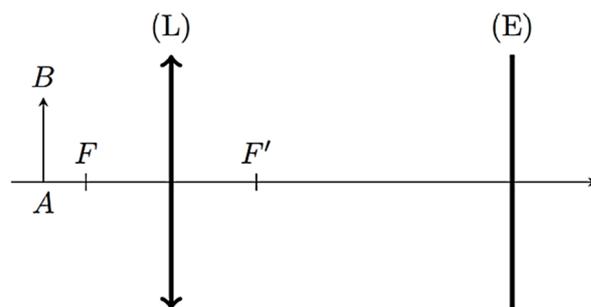
Une fibre à saut d'indice est formée d'un cœur cylindrique d'axe OX et de diamètre a , homogène et isotrope d'indice de réfraction n_c , entourée d'une gaine homogène et isotrope d'indice de réfraction $n_g < n_c$. La fibre est limitée à ses extrémités par deux plans perpendiculaires à OX . L'indice de l'air vaut $n_a = 1$. Les indices n_c et n_g sont supérieurs à n_a . On étudie la propagation d'un rayonnement monochromatique dans le plan XOY . On note α l'angle d'incidence du rayon sur la face d'entrée de la fibre.



- Q1.** Quel est le phénomène physique se produisant en R ? Quel est celui se produisant en O ?
- Q2.** Énoncer les lois de Snell-Descartes. On s'appuiera sur un schéma définissant les différentes grandeurs.
- Q3.** À quelle condition sur les indices optiques un rayon lumineux subit-il une réflexion totale sur un dioptré séparant un milieu incident d'indice n_1 et un milieu d'indice n_2 ?
- Q4.** Quelle condition doit vérifier l'angle d'incidence à la surface de séparation cœur-gaine pour qu'un rayon lumineux situé dans le plan XOY se propage en restant confiné dans le cœur ? On note i_{lim} cet angle d'incidence limite.
- Q5.** Montrer que la condition précédente est vérifiée si l'angle d'incidence sur la face d'entrée de la fibre est inférieur à une valeur limite α_{lim} .
- Q6.** Déterminer la valeur de α_{lim} dans le cas d'une fibre optique pour laquelle $n_c = 1,466$, $n_g = 1,390$.

Exercice 2 : Projecteur de cinéma

Dans une salle de cinéma, on lit, à l'aide d'un projecteur, une pellicule modélisée par un objet AB de hauteur b sur un écran (E) de hauteur H . On modélise le projecteur par une source lumineuse et une lentille convergente (L) de focale f' suivant le schéma ci-contre, qui n'est pas représenté à l'échelle.



On note d la distance de la pellicule à l'objectif et D celle de la pellicule à l'écran. La distance D ne peut pas être modifiée, seule la lentille peut être déplacée.

Données :

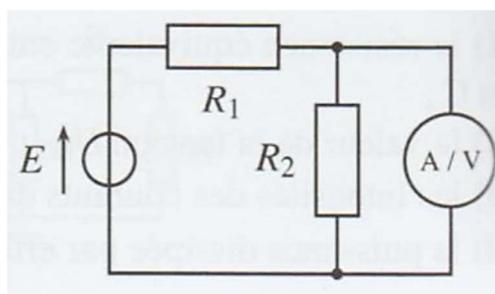
- **Relation de conjugaison de Descartes :** $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$
- **Relation de conjugaison de Newton :** $\overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = -f'^2$

- Q1.** L'objet AB étant placé en amont du foyer objet de la lentille, tracer (sur votre copie) l'image $A'B'$ de AB par la lentille à l'aide de trois rayons différents.
- Q2.** Montrer que l'existence d'une solution pour d implique une condition sur D et f' .
- Q3.** Montrer que dans ce cas il existe une ou deux positions possibles pour la lentille, que vous explicitez.
- Q4.** Donner l'expression du grandissement transversal γ en fonction de D et d . Déterminer alors la meilleure position (et la valeur de d associée) pour l'application considérée. Comment faut-il placer la pellicule pour visionner correctement le film ?
- Q5.** Calculer d et f' pour $b = 24$ mm, $H = 4$ m et $D = 40$ m.

Exercice 3 : Résistance d'entrée d'un multimètre

Dans le circuit ci-contre, $R_1 = 500 \Omega$ et $R_2 = 2,00$ k Ω . Lorsque le multimètre est en position ampèremètre, il mesure un courant 19,5 mA.

On suppose que les résistances d'entrée du multimètre en tant qu'ampèremètre et en tant que voltmètre ont des valeurs idéales.

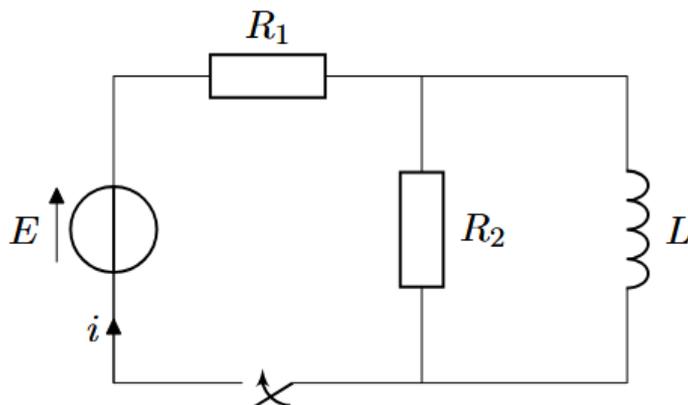


- Q1.** A quoi est équivalent un voltmètre idéal ?
A quoi est équivalent un ampèremètre idéal ?
 - Q2.** Quelle est la valeur de la tension mesurée lorsque l'on bascule le multimètre en position voltmètre ?
 - Q3.** Quelle est la valeur de E ?
- On prend maintenant en compte les résistances d'entrée des appareils de mesure. La résistance d'entrée du multimètre est $R_V = 1,00$ M Ω quand il est en voltmètre et $R_A = 10,0$ Ω quand il est en ampèremètre.
- Q4.** Quelle est la valeur de la tension mesurée lorsque l'on bascule le multimètre en position voltmètre ?
 - Q5.** Quelle est la valeur de E ?

Exercice 4 : Circuit du premier ordre

On considère un circuit électrique constitué d'un générateur idéal de tension continue E , d'une bobine idéale d'inductance L , d'un interrupteur et de deux résistances de valeur R_1 et R_2 disposés comme sur le schéma ci-dessous.

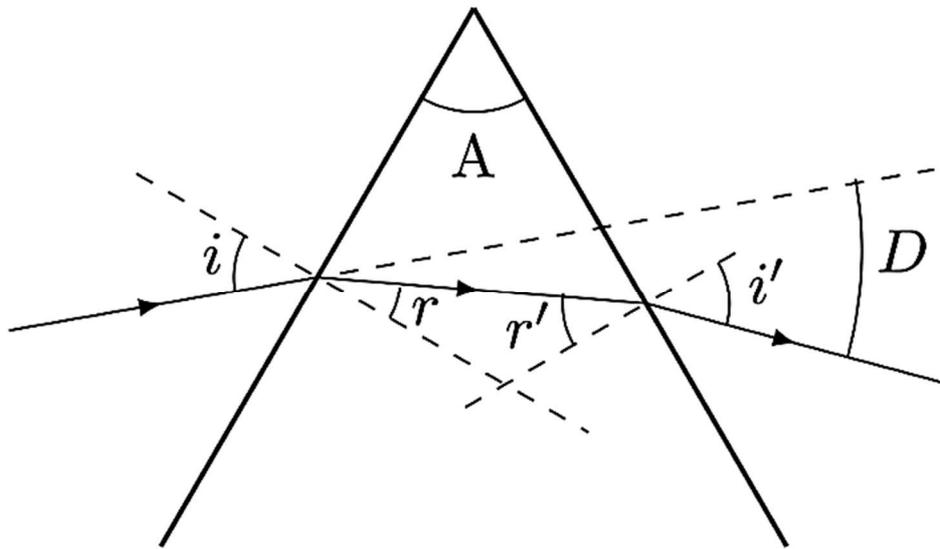
L'interrupteur est ouvert depuis suffisamment longtemps pour qu'un régime permanent soit installé, et à l'instant $t = 0$, on ferme le circuit. On note alors $i(t)$ le courant qui sort du générateur.



- Q1.** Prévoir, sans calculs excessifs, la valeur de la tension $u_L(t = +\infty)$ aux bornes de la bobine lorsque le régime permanent sera établi. En déduire la valeur du courant $i_L(t = +\infty)$ traversant alors la bobine.
- Q2.** Déterminer les conditions initiales (à $t = 0^+$) pour le courant i_L traversant la bobine et pour la tension u_L aux bornes de la bobine.
- Q3.** Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_L(t)$ aux bornes de la bobine.
- Q4.** Établir la valeur de la tension aux bornes de la bobine $u_L(t)$.
- Q5.** En déduire l'expression de $u_L(t)$, et celle d'un temps caractéristique τ dont vous donnerez l'expression. Que représente ce dernier ?
- Q6.** Ce résultat est-il conforme à l'analyse de la question Q1 ?
- Q7.** Tracer l'allure de $u_L(t)$.
- Q8.** Exprimer l'énergie reçue par la bobine au cours du régime transitoire.

Exercice 5 : Prisme

Un rayon incident entre dans un prisme d'angle A et d'indice n avec un angle d'incidence i . Le rayon émergent a subi une déviation D . Tous les angles indiqués sur la figure sont positifs. Le prisme est dans l'air d'indice 1.



- Q1.** Ecrire les lois de la réfraction aux deux interfaces et donner leurs approximations pour des angles faibles.
- Q2.** Etablir la relation géométrique entre r , r' et A .
- Q3.** Exprimer la déviation D en fonction de i , r , i' et r' .
- Q4.** En déduire l'expression de D en fonction de n et A dans l'approximation des petits angles.
- Q5.** Le prisme est fabriqué dans un matériau transparent dont l'indice est donné en fonction de la longueur d'onde de la lumière par la loi de Cauchy :

$$n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda^2}$$

avec a et b des constantes. Donner l'unité de a et de b .

- Q6.** Dans un prisme, quelle est la couleur de la lumière visible la plus déviée ? Justifier soigneusement.