

Questionnaire d'Optique numéro 1

Réfraction de la Lumière

0.1 Les pré-requis théoriques

- 1) Énoncer le principe de Fermat en définissant au préalable l'indice absolu n d'un milieu transparent et le chemin optique L parcouru entre deux points M et N de ce milieu homogène.
- 2) Énoncer les équations de Maxwell dans le vide puis dans un milieu matériel diélectrique pur, homogène, linéaire et isotrope (LHI).
- 3) Énoncer les lois de Descartes à la traversée d'un dioptre séparant deux milieux d'indices n_1 et n_2 . À l'aide d'un schéma définir les angles d'incidence i_1 , de réflexion r_1 , de réfraction i_2 et de déviation d . *Programme de Seconde générale.*
- 4) L'optique ondulatoire et l'optique géométrique constituent deux points de vue complémentaires permettant de décrire le comportement de la lumière au passage d'un dioptre. Ces deux points de vue sont-ils vraiment dissociés : montrer que le lien peut être rétabli en redémontrant les lois de Descartes à partir du principe de Fermat, puis des équations de Maxwell.
- 5) Définir et expliciter les angles de réfraction limite et de réflexion totale.
- 6) Application à l'étude d'un prisme d'indice n et d'angle au sommet A : retrouver les 4 formules du prisme et en déduire l'expression de l'angle de déviation minimale en fonction de A et n . Donner la condition sur le rayon incident pour observer une émergence du prisme.
- 7) Application aux fibres optiques : donner les deux types de fibres optiques existant et expliciter pour chacune l'effet qui permet le confinement de la trajectoire lumineuse à l'intérieur du cœur.
- 8) Qu'est-ce qu'un milieu dispersif ? *Programme de Terminale S.*
- 9) Rappeler la loi de Cauchy. Quelles sont les limites de validité de cette loi empirique ?
- 10) Un verre obéissant à la loi de Cauchy, dans ses limites de validité, est-il un milieu dispersif ? Si oui donner la relation de dispersion de ce verre.

0.2 Les “savoir-faire” en sortant de la séance

- 1) Lorsque l'on doit déterminer expérimentalement un indice à partir d'une seule mesure de déviation (et non d'une moyenne), dans quel domaine angulaire a-t-on intérêt à relever la mesure pour assurer la meilleure précision possible ?

- 2) Expliciter le calcul des incertitudes sur chaque mesure expérimentale effectuée. [1]
- 3) Expliquer le phénomène de mirage réalisé en TP à l'aide d'une cuve d'eau salée et d'un laser. Quelle loi relie l'évolution de l'indice et de la masse volumique du milieu. Faire un parallèle entre la réalisation de ce mirage en TP et la cause des mirages observés sur les routes en été. Qu'appelle-t-on mirages inférieur et supérieur, dans quels cas peut-on les observer dans la nature ? [2]
- 4) Qualifier le pouvoir dispersif du plexiglas.

0.3 Pour aller plus loin ...

- 1) Exercice : Fibre optique à gradient d'indice. Répondre aux questions 3 de l'exercice 9 p.489 de la référence [2].
- 2) Donner une description microscopique de la propagation de la lumière dans un milieu matériel en utilisant le modèle de l'électron élastiquement lié. [3]
- 3) D'après le principe d'Huygens tout se passe comme si la lumière se propageait à l'aide de sources ponctuelles élémentaires émettant des ondes sphériques. Comment expliquer les lois de Descartes à partir de ce modèle ? Utiliser pour cela la construction de Huygens. [4]
- 4) Image d'une pièce dans l'eau : si vous déposez une pièce dans un vase ouvert transparent et rempli d'eau et que vous regardez en biais et par dessus la surface de l'eau, vous pouvez y voir l'image de la pièce. Le fait de poser votre main sur le fond du vase ne modifie pas l'image, à moins que votre main soit mouillée, auquel cas l'image disparaît de la surface de l'eau. Pourquoi ? [5]
- 5) Le miroir sans tain : les miroirs à sens unique sont très souvent utilisés dans les films d'espionnage, mais sont-ils réellement à sens unique ? Essayez de concevoir une glace ou un revêtement de glace de façon à ce que la lumière ne le traverse que dans un seul sens. Si cela est impossible, comment fonctionnent les soi-disant miroirs à sens unique ? [5]
- 6) L'homme invisible : l'homme invisible du célèbre roman de H. G. Wells était invisible parce qu'il changeait l'indice de réfraction de son corps pour lui donner une valeur bien choisie. Selon vous quelle était cette valeur ? Personne ne pouvait voir l'homme invisible. Un tel homme invisible, avec cette valeur de son indice de réfraction pouvait-il voir lui même quelque chose ? [5]
- 7) Lévitiation optique : la lumière d'un laser relativement puissant a permis de

soulever et de maintenir en suspension des sphères de verre transparent d'environ $20 \mu\text{m}$ de diamètre. Vrai ou faux. Justifier si nécessaire comment la lumière pourrait lutter contre la gravitation terrestre qui s'exerce sur la sphère et comment la stabilité pourrait être assurée contre les mouvements latéraux. [5]

Références

- [1] *Montage de Physique, Optique, Mécanique, Statique des fluides, Calorimétrie*, J. P. Bellier, C. Bouloy et D. Guéant, Editions Dunod (2000)
- [2] *CAPES de Sciences physiques, Tome 1 - PHYSIQUE, Cours et Exercices*, N. Billy, J. Desbois, M. A. Duval, M. Alias, P. Monceau, A. Plaszczynski et M. Toulemonde, Editions Belin dans la collection Belin Sup Physique (2003)
- [3] *Electromagnétisme*, J. P. Pérez, Editions Masson
- [4] *Optique géométrique et ondulatoire*, J. P. Pérez, Editions Masson
- [5] *Le carnaval de la physique*, Jearl Walker, Editions Dunod (1997)
- [6] *Optique expérimentale*, Sextant, Editions Hermann (1997)
- [7] *Raisonnement en physique, La part du sens commun*, Laurence Viennot, Editions De Boeck Université, Collection Pratiques pédagogiques (1996)
- [8] *Les instruments d'Optique, Etude théorique, expérimentale et pratique*, Luc Dettwiller, Editions Ellipses (1997)
- [9] *Le Laser, Principes et techniques d'application*, H. Maillet, Editions Tec. et Doc. Lavoisier (1990)
- [10] et un bon *Dictionnaire de Physique ...*