

LP31 : Présentation de l'optique géométrique à l'aide du principe de Fermat

Armél JOUAN, Géraud DUPUY

Ebauche de plan - Niveau : \simeq L2

Introduction : Faire manip introductive, soit sur un morceau de plexi, soit sur la cuve inhomogène avec du sucre

1 Principe de Fermat [1]

1.1 Chemin optique et conséquence immédiate

- Définir tranquillement et proprement le chemin optique
- Donner l'énoncé du principe de Fermat
- Potentiellement parler du premier énoncé du principe (Minimum à la place de stationnaire [1657])

1.2 Principe de retour inverse

- Inverser les bornes de l'intégrale
- Poser $dl' = (-dl)$, etc.
- Obtenir ainsi le principe de retour inverse

1.3 Propagation dans un milieu homogène

- Sortir n de l'intégrale
- Obtenir que le chemin optique est minimisé pour une droite

2 Démonstration des lois de l'optique [1]

2.1 Loi de Snell-Descartes

- Se donner un dioptre quelconque entre deux milieux, avec un vecteur normal, et un vecteur tangentiel
- Obtenir la différentiel du chemin optique en fonction de la position du point mobile sur le dioptre (les points de départ et d'arrivée étant fixe)
- Obtenir l'équation de Snell-Descartes vectorielle
- La projeter sur le vecteur tangentiel pour obtenir les équations de réfraction et réflexion. On peut aussi obtenir la première loi

2.2 Equation des rayons [1]

- Se donner un dioptre entre deux zones d'indice n et $n + dn$, avec une normale orientée selon le gradient de l'indice
- On utilise l'équation de Snell-Descartes vectorielle. On la différencie en direction \vec{u} et en indice.
- En reformulant un peu, on obtient l'équation des rayons.
- Conclure que la direction des rayons va évoluer pour suivre le gradient d'indice
- Possibilité de montrer une animation d'une fibre à gradient d'indice (université de Nantes)

3 Applications

3.1 Milieu d'indice inhomogène

- Selon le temps restant, ne pas hésiter à changer cette partie
- Faire le calcul, montrer que la grandeur $n(z)\cos(i(z))$ se conserve ($i(z)$ l'angle avec l'horizontale)
- Calculer l'angle de sortie au bout de la cuve.
- Obtenir $n_{eau\ sucrée} = \sqrt{(n_{eau})^2 + \sin^2(\alpha)}$
- Peut-être faire la mesure de α pour remonter en ordre de grandeur à l'indice de l'eau sucrée
- Parler de mirage. Prendre l'exemple de l'oasis et du capitaine Haddock. A l'inverse, il y a les Fata Morgana et le Chateau dans le ciel

3.2 Théorème de Malus

- Reprendre la démonstration de [2]
- Obtenir que les rayons sont orthogonaux aux surfaces d'ondes
- Ne pas hésiter à commenter

Conclusion

Ces surfaces d'ondes ont même chemins optiques, donc sont équiphasées. C'est un résultat super important pour l'optique ondulatoire.

Bibliographie : démonstrations et exemples

- 1 Perez, Optique
- 2 BFR, Optique
- 3 Champeau, Ondes lumineuses
- 4 Houard, Optique, une approche expérimentale.