

Titre : Lois de l'optique géométrique

Présentée par : Mathieu Markovitch

Rapport écrit par : Elise Declerck

Correcteur : Pauline Yzombard

Date : 29/03/2021

Bibliographie		
Titre	Auteurs	Éditeur
Physique PCSI Tout-en-un	Salamito	Dunod
Optique	Pérez	Dunod

Plan détaillé

(indiquer parties, sous-parties, 1 ou 2 phrases d'explications par sous-partie, et références)

Niveau choisi pour la leçon : CPGE

Pré-requis : approximation de l'optique géométrique, indice optique

Intro : La leçon porte sur la propagation de la lumière dans le cas où on néglige les effets ondulatoires, notamment la diffraction (tailles objets $\gg 10^{-6}$ m)

I-Réflexion et réfraction

1)Lois de Snell-Descartes

Définition de la normale, des angles d'incidence, réfraction et réflexion. Énoncé des lois + photos illustratives.

2)Principe de Fermat

Énoncé.

Dioptrique, démonstration loi réfraction à partir du principe de Fermat.

II-Système optique

1)Conditions de Gauss

Énoncé et intérêt.

2)Lentilles

Tracé d'un rayon. Présentation de la lentille convergente. Cas des lentilles minces.

III-Applications

1)Prisme

Manipulation prisme à vision directe : l'indice dépend de la longueur d'onde.

Schéma, lois du prisme, lien avec les lois de Descartes.

2)Mirages

Mirage inférieur/supérieur dû au gradient d'indice, photo avec le bateau.

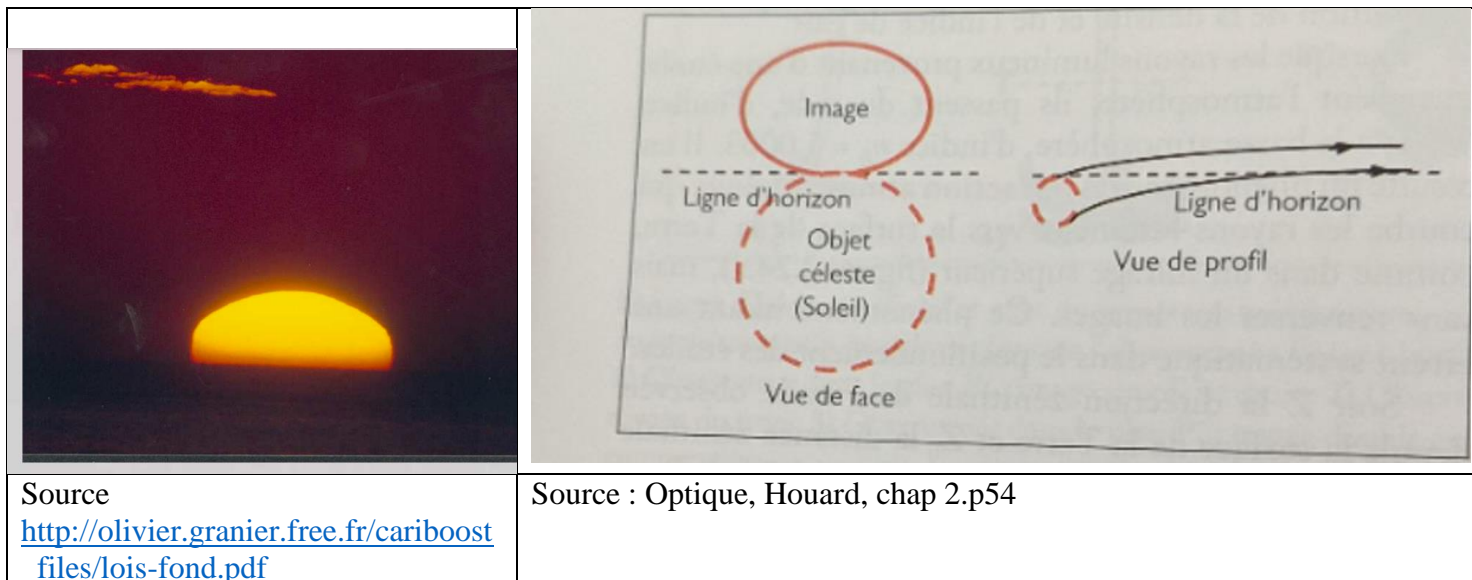
Conclusion : Ces lois bien établies sont très utiles. On peut faire un lien profond entre le principe de Fermat et le principe variationnel. Un rayon lumineux n'est tout de même pas physique. Dans les limites des petits objets il faut prendre en compte les phénomènes ondulatoires.

Questions posées par l'enseignant (avec réponses)

(l'étudiant liste les questions posées, ainsi que les réponses données par l'enseignant. Si certaines réponses manquent, l'enseignant pourra compléter le document)

- Pourquoi la paille dans le verre est plus grosse sur votre photo (photo d'une paille dans un verre d'eau, on observe une « brisure » de la paille due à la réfraction) ? *Effet grossissant du dioptre courbe.*
- Principe de Fermat : peux-tu donner un exemple où la lumière suit le chemin maximal ? *Pour les miroirs sphériques concaves, le chemin optique est maximal ; il est minimal pour les miroirs sphériques convexes-*
- Vous avez dit qu'à priori, les lentilles étaient construites dans « un matériel d'indice supérieur à celui de l'air en général, et en général transparent. » Avez-vous des exemples de lentilles produites dans un milieu d'indice inférieur à celui de l'air ? *Non, pas d'utilité a priori. (difficile à produire surtout !!)*
- Connaissez-vous un milieu moins réfringent que l'air ? *Le vide. Et sinon ?*
- Et pour des exemples de lentilles non transparentes, comme vous l'avez laissé entendre ? *Une lentille doit laisser passer la lumière pour laquelle on l'a construite (elle peut ne pas être totalement « transparente » pour le visible, selon les applications, pour le lointain IR ou l'UV profond par exemple. Mais une lentille doit être transparente pour la longueur d'onde utilisée ! sinon, aucun intérêt.*
- Pouvez-vous faire le schéma d'une lunette astronomique ? *Attention au notation (foyer objet F et foyer image F'). => pour s'aider à se souvenir d'où placer le point focal $F_1'=F_2$, plus proche de la lentille 1 ou la lentille 2 ? => il faut faire le tracer des rayons optiques (la lunette est faite pour observer à l'infini, un objet petit à l'infini en l'agrandissant).*
- Vous avez dit dans votre conclusion que le rayon lumineux n'était pas « physique ». Pourquoi ça ? ... Peut-on donc isoler un rayon lumineux ? *Non c'est une construction, si on essaie d'en isoler un avec un diaphragme on voit apparaître des phénomènes de diffraction.*
- une des conditions de l'optique géométrique est d'être dans un milieu homogène. Une idée d'expérience rapide pour illustrer en classe l'effet d'un milieu non homogène ? *(=> comme pour les mirages donc). Par exemple, un laser se propageant dans une cuve avec une couche d'eau et d'alcool, ou avec du sucre. Cf par exemple Houard, chap2. Voir partie commentaire de l'enseignant en bas du rapport.*
- Donner des exemples de milieux non dispersifs ? *Le vide, et l'air pour quelques dizaines de mètres (à l'échelle de l'atmosphère l'air est dispersif).*
- Quel est l'indice de l'air pour le vert ? *Environ 1.0003.*
- L'indice dépend de la longueur d'onde, de quelle manière ? *Loi de Cauchy, en $1/\lambda^2$*
- Comment se forme un arc-en-ciel ? *Il faut avoir le Soleil dans le dos et des gouttes d'eau en suspension devant. Le phénomène est dû aux réflexions dans la goutte d'eau (au moins 2, le deuxième arc en ciel plus pâle correspond à 3 réflexions dans la goutte).*

- Vous avez mentionné les conditions de Gauss. Quel est l'intérêt de se placer dans cette approximation ? *On n'a pas d'aberrations géométriques.*
- Pourquoi observe-t-on ce type de coucher de soleil, aplatis ainsi ? *On a un gradient d'indice comme pour le mirage.*



Commentaires lors de la correction de la leçon

(l'étudiant note les commentaires relatifs au contenu de la leçon : niveau, sujets abordés, enchaînement, réponses aux questions, etc. **L'enseignant** relit, et rectifie si besoin)

Commentaires sur la forme :

- Regarder le jury et son auditoire. C'est un exercice de pédagogie. Il faut pouvoir expliquer la leçon en regardant les personnes concernées.
- Parler plus fort, surtout si on écrit petit comme le candidat, pour pouvoir permettre une bonne prise de note. Le masque n'aide pas à la compréhension, alors il faut garder un ton posé, certes, mais avec un volume plus élevé pour que la voix porte jusqu'au fond de la classe.

Commentaire sur le fond :

- Veillez bien aux conclusions et transitions. Un récapitulatif de ce qu'on a vu est intéressant. Par exemple, le candidat a pris le parti de présenter la réflexion sur un miroir et la réfraction seule, à travers un dioptre. Un schéma récapitulant les lois de Snell Descartes au niveau du dioptre (présence de la réflexion également !) pourrait être utile. Cela permet ainsi d'introduire plus facilement l'angle de réflexion totale, et le concept de coefficient de réflectivité d'un dioptre par exemple.
- Pour plus de dynamisme, il peut être intéressant d'exploiter plus les exemples : commenter la photo du mirage supérieur (par exemple, dans le bateau « volant » au-dessus de l'eau, présenté par l'étudiant, on observe que le bateau, en plus d'être « dans le ciel » à cause du mirage, est aussi « écrasé », cela est également un effet du mirage à expliquer (cf la question avec le soleil couchant corrigée plus haut).

- Pour l'exploitation de la démonstration avec la lumière blanche et le prisme : il faut « utiliser » la démonstration pour montrer quelque chose de nouveau. Pour une leçon niveau « CPGE », on peut s'attendre à ce que les étudiants aient déjà vu la séparation des couleurs ! Par contre, mettre en évidence le minimum de déviation, peut être intéressant. Surtout que cela aidera à l'exploitation des résultats sur « les lois du prisme », présenté en leçon (et permettre d'éviter des petites erreurs d'explication comme il a été le cas lors de la leçon).
- Pour une leçon d'optique géométrique, il est crucial que l'on sache bien faire des tracer de rayons ! Surtout avec deux lentilles convergentes minces ! Réviser donc : les tracer de rayons pour les lentilles CV, DV et les miroirs convexes/concaves. Cela servira également pour les leçons de types instruments d'optiques. (entraînez vous sur les objets virtuels en miroirs convexes et lentilles DV, pour être sûrs de vous 😊). C'est dommage de se faire coincer à ce niveau 😊

Partie réservée au correcteur

Avis général sur la leçon (plan, contenu, etc.) :

Plan bien dans le sujet. Le contenu aurait pu être étoffé (l'étudiant a parlé lentement, en passant peut être un peu trop de temps sur la partie 1 à redéfinir des notions déjà connues avec les prérequis, comme par exemple la normale à la surface d'un dioptre). On pouvait donc compacter la partie 1 et prendre plus de temps sur les autres concepts abordés.

Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates :

Les notions fondamentales ont été abordées. Il faut revoir les lois du prisme (signification du minimum de déviation par exemple). Et surtout, le tracer de rayons d'optiques pour des lentilles minces (et pour les miroirs également, histoire de s'entraîner pour les télescopes).

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur) :

L'expérience pour mettre en évidence la dispersion du prisme proposé par l'étudiant peut être intéressante et pertinente pour cette leçon, c'est bien. Il faut bien exploitée (mettre en évidence l'angle de minimum de déviation par exemple).

Sinon, une expérience pour mettre en évidence le phénomène des mirages avec un milieu inhomogène (à gradient d'indices), peut être intéressant également. Par exemple : cuve avec de l'eau et de l'alcool + un laser.

Image prise de : Houard, chap2.

Bibliographie conseillée : En plus de ce qu'utilisé par l'étudiant : Optique, une approche expérimentale et pratique, Sylvain Houard.

