



HAL
open science

L'enseignement de la réfraction de la lumière au lycée à l'aide d'un laser et d'un héli-cylindre : problème didactique.

Lionel Pelissier

► To cite this version:

Lionel Pelissier. L'enseignement de la réfraction de la lumière au lycée à l'aide d'un laser et d'un héli-cylindre : problème didactique.. Deuxièmes Rencontres Enseignement de l'Optique et Didactique, Société française d'optique; Société française de physique, Jul 2022, Nice, France. hal-03990454

HAL Id: hal-03990454

<https://hal.science/hal-03990454v1>

Submitted on 15 Feb 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'ENSEIGNEMENT DE LA REFRACTION DE LA LUMIERE AU LYCEE A L'AIDE D'UN LASER ET D'UN HEMI-CYLINDRE : PROBLEME DIDACTIQUE

Lionel PELISSIER

EFTS, Université Toulouse Jean Jaurès, INSPE, 31078 Toulouse, France

lionel.pelissier@univ-tlse2.fr

RESUME

Le dispositif expérimental d'étude de la réfraction de la lumière au lycée permet d'obtenir avec une grande facilité des mesures pour établir les lois de Snell-Descartes. En appui de travaux de didactique et d'histoire de la réfraction, nous mettons en évidence les problèmes didactiques que son usage soulève et y proposons deux réponses.

MOTS-CLEFS : optique ; réfraction ; lycée ; didactique

1. CONTEXTE

Le dispositif expérimental ci-dessous (fig.1) est le plus utilisé dans les classes de seconde au lycée, mais aussi au CAPES et à l'agrégation, pour étudier le phénomène de réfraction de la lumière et les lois de Snell-Descartes qui le décrivent. Ce dispositif est constitué d'un plan sur lequel figure un cercle gradué. Un hémicylindre de plexiglas placé au centre constitue le milieu réfringent à l'entrée duquel la lumière issue d'une source laser est réfractée. On mesure alors, en référence à la direction perpendiculaire au dioptre plan, l'angle de la direction de la lumière issue du laser avant et après le dioptre. Les activités figurant dans la plupart des ressources pour la classe consistent à faire relever par les élèves les valeurs des angles d'incidence i et de réfraction r (sur la figure 1, i est approximativement égal à 44° et r à 32°). Le dispositif permet d'induire à partir de quelques mesures la seconde loi de la réfraction (1) $n_{\text{air}} \cdot \sin i = n_{\text{plexiglas}} \cdot \sin r$ où n_{air} et $n_{\text{plexiglas}}$ sont les indices des milieux traversés successivement par la lumière.

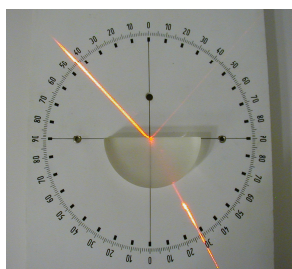


figure 1

2. UN PROBLEME DIDACTIQUE INVISIBLE

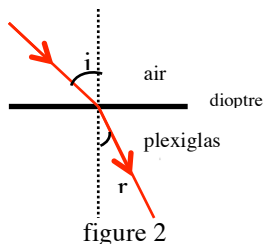


figure 2

L'utilisation par les élèves de ce dispositif pour établir la relation de Snell-Descartes, relève d'une « monstration » [1] qui pose un problème épistémologique invisible pour la totalité des enseignants et étudiants interrogés. Les élèves sont conduits à reproduire sur leur cahier le schéma (fig.2), supposé rendre compte des observations (fig.1). Il leur est ainsi bien naturel de confondre les traces lumineuses observées et les rayons de lumière tracé sur la représentation. Tiberghien [2] a pointé ce type de problème comme un éloignement de la pratique scientifique de référence, et invite à faire apprendre aux élèves à distinguer ce qui relève

des observations (directes ou instrumentées) de ce qui relève de la représentation de ce que l'on comprend des phénomènes (modèle). Ainsi un rayon de lumière, en tant que représentation «géométrique» décrivant le trajet de la lumière entre deux points ne peut pas être observé. En somme, si les élèves observent ce qui est en figure 1, la figure 2 ne peut en aucun cas en constituer une description.

3. COMMENT EXPLIQUE-T-ON CE QUI EST OBSERVABLE ?

Les traces lumineuses rectilignes sur le plan du dispositif (fig.1) sont visibles quelle que soit la position de l'observateur. Selon la « condition de visibilité d'un objet » [3][4], elles sont constituées de points-sources lumineux, car diffusant la lumière reçue de la source. Il est alors nécessaire que cette dernière soit associée à une lentille cylindrique qui transforme le faisceau laser unidirectionnel en un faisceau plan divergent (ceci n'est jamais explicité aux élèves). La lumière suit, pour une position donnée de l'observateur, le trajet source-laser / lentille cylindrique / plan du dispositif / œil de l'observateur (fig.3, a). On peut raisonner de même pour la trace qui est visible après le dioptré (fig.3, b). Notons que ces deux traces sont indépendantes l'une de l'autre et que la réfraction ne situe pas dans le plan du dispositif, contrairement à ce que le modèle décrit. Enfin cette description correspond au cas le plus simple où la trace lumineuse paraît normale au dioptré.

Les angles mesurés par les élèves sont finalement les angles d'incidence et de réfraction de rayons contenus dans des plans parallèles au plan du dispositif (fig.3, c). Ces angles d'incidence mesurés ne sont pas les angles qui entrent en jeu dans le phénomène observé. La représentation que les élèves mobilisent est relative à un phénomène bien réel mais qui est le seul que le dispositif ne permet pas d'observer. Ceci est paradoxal dans la mesure où tous les enseignants interrogés légitimement l'utilisation de ce dispositif en raison de son caractère « visuel ». Pourtant, ni les enseignants expérimentés ou débutants n'ont douté du lien évident pour eux entre ces angles d'incidence et de réfraction et les traces lumineuses qu'ils sont censés repérer.

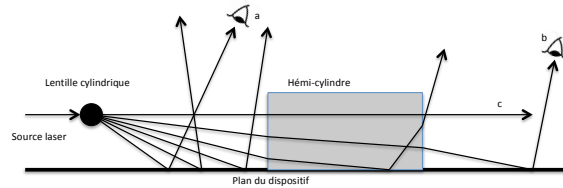


figure 3 : représentation de trajets de rayons de lumière pour décrire la photographie de la fig. 1

4. DEUX PROPOSITIONS DE DISPOSITIFS POUR PRENDRE EN COMPTE CE PROBLEME

La plus value didactique des dispositifs proposés réside dans la construction du sens de la réfraction par les élèves via la nécessité de mobiliser l'idée de déviation de la lumière lors d'un changement de milieu pour rendre compte des observations.

PROPOSITION A : UN DISPOSITIF EXPERIMENTAL PLUS ANCIEN ET PLUS PERTINENT

Une cuve hémicylindrique présente des graduations angulaires sur la paroi verticale de la partie cylindrique. La lumière émise par une source étendue vient éclairer un réticule vertical placé au milieu de la face plane de l'hémicylindre, et en projeter l'ombre sur le bord vertical de la cuve. En la remplissant d'eau jusqu'à la moitié de sa hauteur, les positions des ombres portées dans l'eau et dans l'air diffèrent par la différence de direction de propagation de la lumière dans les deux milieux.

PROPOSITION B : L'HISTOIRE EST TOUJOURS DE BON CONSEIL

Ce dispositif est inspiré des travaux de Ptolémée sur la réfraction [5]. Il est constitué de deux cercles coplanaires et concentriques gradués en angle sur chacun desquels coulisent deux index. Le dispositif est plongé verticalement dans l'eau jusqu'au diamètre, l'index immergé étant placé sur une graduation. On place alors l'index émergé de façon que les deux index et le centre soient alignés. Le centre et les deux index matérialisent les deux directions des rayons incident et réfracté.

REFERENCES

- [1] Joshua, S. & Dupin, J.-J. (2003) *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, PUF, coll. Quadrige, Paris.
- [2] Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and instruction*, 4(1), 71-87.
- [3] Kaminski, W. (1991). Optique élémentaire en classe de quatrième: raisons et impact sur les maîtres d'une maquette d'enseignement (Doctoral dissertation, université Denis Diderot Paris 7).
- [4] Viennot L. (1996) *Raisonnement en Physique, la part du sens commun*, Bruxelles, De Boeck.
- [5] Simon, G. (1988) *Le regard, l'être et l'apparence dans l'optique de l'antiquité*. 220 p., Seuil, Paris.