

Propagation de la lumière

Auteur : Fabrice Maquère

Niveau (Thèmes)	2 ^{de} – Vision et image
Introduction	<p>Cette activité expérimentale étudie la propagation de la lumière dans un milieu homogène et à une interface.</p> <p>Les élèves sont invités à mettre en commun l'ensemble de leurs résultats expérimentaux ce qui permet par ailleurs de discuter des sources d'incertitudes et des limitations des lois utilisées.</p> <p>Cette expérience peut être réalisée à la maison ou en classe.</p>
Type d'activité	Activité expérimentale
Compétences disciplinaires	<p>Suivre un protocole</p> <p>Collecter des mesures et les organiser dans un tableur</p> <p>Effectuer un travail collaboratifs</p> <p>Transmettre des informations (données, photo)</p>
CRCN Compétences Numériques	<p>1. Information et données</p> <p> 1.2 Gérer des données</p> <p> 1.3 Traiter des données</p> <p>2. Communication et collaboration</p> <p> 2.1 Interagir</p> <p> 2.3 Collaborer</p> <p>3. Création de contenu</p> <p> 3.2 Développer des documents visuels et sonores</p> <p>5. Environnement numérique</p> <p> 5.2 Évoluer dans un environnement numérique</p>
Notions et contenus du programme	<p>Propagation rectiligne de la lumière.</p> <p>Lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction. <i>Tester les lois de Snell-Descartes à partir d'une série de mesures et déterminer l'indice de réfraction d'un milieu.</i></p>
Objectif(s) pédagogique(s)	<p>Travailler les compétences expérimentales dans une situation d'autonomie (à la maison).</p> <p>Travailler en collaborant : partage des trucs et astuces pour la partie expérimentale, mutualisation des résultats, échanges autour des conclusions</p> <p>Réflexion sur les incertitudes et les limites des modélisations</p>
Objectifs disciplinaires et/ou transversaux	<p>Connaître le modèle du rayon lumineux et la propagation rectiligne de la lumière dans un milieu homogène</p> <p>Se familiariser avec les lois de Snell-Descartes</p> <p>Réflexion sur les incertitudes et les limites des modèles</p>

Description succincte de l'activité	Partie expérimentale : fabriquer une source lumineuse plane à l'aide d'un smartphone et d'un tube en carton puis l'utiliser pour observer <ul style="list-style-type: none"> • la propagation rectiligne de la lumière • la réflexion sur une surface réfléchissante • la réfraction au passage d'une interface Les 2 dernières observations permettent de faire des mesures et ainsi de passer du qualitatif au quantitatif. Partie exploitation / interprétation : mise en commun des résultats à l'aide d'un tableur collaboratif en ligne, conclusion puis discussion autour des sources d'erreurs possibles A chaque étape, des tests auto-évalués guident l'élève dans ses réponses.
Découpage temporel de la séquence	Partie 1 : réalisation de l'expérience Partie 2 : interprétations
Pré-requis	Modèle du rayon lumineux
Outils numériques utilisés/Matériel	Tableur (collaboratif si possible) Outil de communication et d'échange Outil permettant des tests autoévalués
Gestion du groupe Durée estimée	Ce découpage temporel prend en compte que le travail expérimental à la maison des élèves se fait à un rythme plus lent qu'en classe mais peut se faire en parallèle d'autres activités / d'autres chapitres. <ul style="list-style-type: none"> • Préparation de l'expérience à la maison : 1 à 2 semaines • Réalisation de l'expérience et partages des résultats : 1 semaine • Bilan en classe : 30 minutes

Énoncé à destination des élèves

Version Moodle (archive téléchargeable)

- ☑️ Site-Lumière
- ☑️ Participez
- ☑️ Suivez
- ☑️ Compétences
- ☑️ Notes
- ☐ Introduction
- ☐ Propagation dans un milieu homogène
- ☐ Propagation à une interface
- ☐ Propagation à une interface : cas de la réflexion
- ☐ Propagation à une interface : cas de la réfraction
- ☐ Rédigé à compléter à rendre
- ☑️ Tableau de bord
- ☑️ Savoir étendu
- ☑️ Calculer
- ☑️ Rédigé personnel
- ☑️ Suivez de nombreux
- ☑️ Mesures
- Plus...



Mesurer les angles d'incidence et de réflexion. Reconnaitre à autres fois en faisant varier l'angle. Les noter dans le tableau commun (cf. dernière section de ce cours).

Propagation de la lumière : réflexion

Cours à alléguer

Tableau de bord de la réflexion

1 - 7

Non disponible à moins que vous ayez réglé une note négative dans Propagation de la lumière : réflexion

Propagation à une interface : cas de la réfraction

Tableau de bord de la réfraction

$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$

n_1 , et n_2 sont les indices de réfraction des 2 milieux. Dans le cas de l'air, $n_{air} = 1$.

Dans la suite, le bord des expériences est de servir comme tel.

À faire : expériences à ou à ou les deux

Expérience A

Régler un verre d'un peu d'eau (environ 2 cm de hauteur). Le garnir du verre de lait le plus fin possible (sans motif, décoloration...). Le poser sur une feuille blanche.

Éclairer le verre à l'aide de votre source lumineuse. Le faisceau doit être vertical ou se propager presque parallèlement à la table de façon à laisser une trace rectiligne sur la table et la feuille. Sur la feuille de papier, noter en pointillés le rayon incident, le rayon réfléchi et la partie du rayon réfracté à la partie du verre.

Séparer l'expérience comme expliqué en annexe (mesure des angles d'incidence et de réflexion). Reconnaitre à autres fois en faisant varier l'angle d'incidence (en déplaçant vers le bord du verre). Les noter dans le tableau commun (cf. dernière section de ce cours).

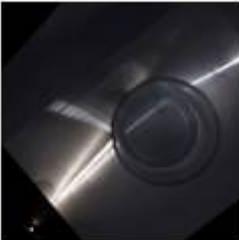


Expérience B

Régler d'eau un récipient transparent et suffisamment grand. Ajouter dans l'eau quelques gouttes de lait ou de café. Remuer un côté du récipient un rayon lumineux (idéale en son centre) de telle sorte que la surface de l'eau correspond à un graduation 90°. Assurer la pièce de l'expérience est réglée.

Éclairer à l'aide de votre source lumineuse, la surface de l'eau de telle sorte que le faisceau lumineux passe par le centre du rayon lumineux et soit en partie à l'intérieur et à l'extérieur du récipient. La partie extérieure du faisceau lumineux doit être à la même valeur inverte par le rayon (en haut à gauche et en bas à droite par exemple). Le faisceau réfracté est idéal lui dans le récipient.

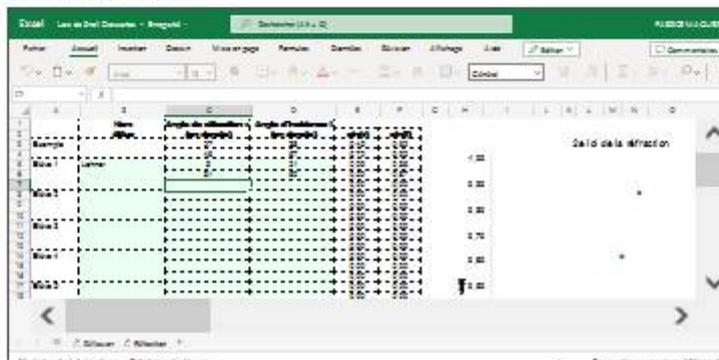
Mesure les angles d'incidence et de réflexion. Reconnaitre à autres fois en faisant varier l'angle. Les noter dans le tableau commun (cf. dernière section de ce cours).



Réfraction sur le bord d'un verre d'eau - exploitation de l'expérience

Exploitation en intégrations

Fichiers à compléter : à rendre



Version Traitement de texte (fichier téléchargeable)

TP 2^{de} Propagation de la lumière

Introduction

Pour commencer, il faut construire une source de lumière émettant un faisceau de lumière, plan (faisceau lumineux étroit et plan), continu, de rayon lumineux parallèle, ainsi qu'il se fait le protocole présent en annexe.

Pour chaque expérience réalisée dans la suite du TP, vous en prenez une photo. Elle vous permettra d'établir votre compréhension. Vous en rendrez aussi une copie et l'insérez dans l'application informatique de votre dossier.

Les questions vous permettront de débiter des parties du cours.

Propagation dans un milieu homogène

Réaliser votre source lumineuse sur une surface horizontale et glisser le tube afin d'avoir un faisceau vertical (à faire à l'heure de votre visite).



Questionnaire :

Que décrit-on dit de la trace faite par le faisceau lumineux sur la table ? Citez une ou deux réponses (à bonne réponse).

circulaire	curviligne	rectiligne	droite
------------	------------	------------	--------

Que peuvent supposer quant à la propagation des rayons lumineux dans un milieu homogène ?

- Les rayons lumineux se propagent rectilignement.
- Les rayons lumineux ne se propagent pas.
- Les rayons lumineux se propagent en se courbant.
- Les rayons lumineux ne se propagent que dans la visée.

Annexe : dans un milieu homogène, la lumière se propage rectilignement. Cette propagation est modélisée par le rayon lumineux. On le représente par une droite fléchée.

Propagation à une interface

Une interface est la surface de séparation entre 2 milieux différents.

Longueun rayon lumineux arrive à une interface (on rajoute rayon incident, 2 phénomènes physiques peuvent se produire) :

- la réflexion.
- la réfraction.

La réflexion correspond à la propagation d'un rayon lumineux dans le milieu d'origine du rayon incident. La réflexion correspond à la propagation d'un rayon lumineux dans le 2^e milieu.

La normale est la droite perpendiculaire à l'interface au point d'incidence (le point où se rencontrent le rayon incident et l'interface).

1^{er} loi de Snell-Descartes :

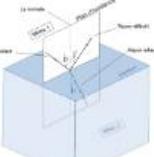
Les rayons incidents, réfléchis et réfractés appartiennent au même plan, appelé plan d'incidence. Ce plan est défini par le rayon incident et la normale à l'interface.

Propagation à une interface : cas de la réflexion

Sur une feuille de papier, tracer une grande droite (on y place l'interface).

Tracer une perpendiculaire à cette première droite, au point de la droite de la feuille ce sera la normale.

Éclairer la feuille avec votre source lumineuse (laine verticale de telle sorte qu'une trace lumineuse rectiligne apparaisse sur la feuille. Déplacer votre source, pour que le faisceau passe le point d'intersection de la normale avec la droite modélisant l'interface. Votre faisceau doit pas être confondu avec la normale.




Noter la trace de votre faisceau sur la feuille. Placer une surface réfléchissante (écran) verticalement à la droite de la grande droite. Observer le rayon réfléchi en noir sur l'écran.

Mesurer les angles d'incidence et de réflexion. Recommencer 2 autres fois en faisant varier l'angle. Les noter dans le tableau ci-dessous.

Questionnaire :

Il y a du même côté, que peut-on dire de la loi relative aux angles d'incidence et de réflexion ? C'est une relation (Rayons incidents, angles) :

égale	supérieure	inférieure	recte	inverse
-------	------------	------------	-------	---------

Il y a de la modification du tableau ci-dessus, pourquoi peut-on dire que l'on a une relation égale entre les angles ?

Pour, alors le rayon réfléchi se superpose-t-il au rayon incident ?

Utiliser le coefficient de réflexion (tableau ci-dessus) :

Pour, car il y a des points anguleux, où les valeurs ne sont pas exactement égales.

Utiliser une relation linéaire.

Y'a-t-il des points aberrants ? Si oui, lesquels ?

Les points aberrants ont-ils un impact sur les valeurs de l'équation de droite modélisant l'angle des incidences ?

- ils ont un impact, on peut les effacer discrètement.
- ils n'ont pas d'impact, ils sont peu nombreux.
- ils n'ont pas d'impact, car ils représentent une erreur de manipulation possible.
- ils ont un impact, on peut les effacer après les avoir signalés.
- ils ont un impact.

1^{er} loi de Snell-Descartes sur la réflexion

$i = r$

Propagation à une interface : cas de la réfraction

1^{er} loi de Snell-Descartes sur la réfraction

$n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r)$

On ne mesure les indices de réfraction des 2 milieux. Dans le cas de l'air, $n_{air} = 1$.

Dans la suite, la loi de Snell-Descartes est de vérifier que :

$i \sin(n_1) = r \sin(n_2)$

Expérience 1

Remplir un verre d'eau (environ 4 cm de hauteur). Les parois du verre doivent être lisses (sans possible dans votre décoration...). Le poser sur une feuille blanche.

Éclairer le verre à l'aide de votre source lumineuse. Le faisceau doit être vertical et se propager presque parallèlement à la table de façon à laisser une trace rectiligne sur la table et la feuille. Sur la feuille de papier, noter en pointillé le rayon incident, le rayon réfléchi et la sortie du rayon réfracté à la sortie du verre.

Déplacer l'expérience comme expliqué en annexe (mesure des angles d'incidence et de réflexion). Recommencer 2 autres fois en faisant varier l'angle d'incidence (indiquant vers le bord du verre). Les noter dans le tableau ci-dessus (cf dernière section de ce cours).

Expérience 2

Remplir d'eau un récipient transparent et suffisamment grand. Ajouter dans l'eau quelques gouttes de lait ou de café. Fixer sur un côté du récipient un rapporteur circulaire (à l'œil en son centre) de telle sorte que la surface de l'eau corresponde aux graduations 90°. Assurer la pièce de l'expérience est réalisée.

Éclairer à l'aide de votre source lumineuse, la surface de l'eau de telle sorte que le faisceau lumineux passe par le centre du rapporteur circulaire et soit en parallèle à l'interface et à l'axe du rapporteur. La partie supérieure du faisceau lumineux doit franchir le même valeur lue sur le rapporteur (en haut à gauche et en bas à droite par exemple). Le faisceau réfracté est visible dans le récipient.

Mesurer les angles d'incidence et de réflexion (même mode expliqué en annexe). Recommencer 2 autres fois en faisant varier l'angle. Les noter dans le tableau ci-dessus (cf dernière section de ce cours).

Explication et interprétation

Y'a-t-il une relation entre i et r ?

Quelle est cette relation ? Quelle est la tendance ?

Proposez différentes sources d'erreurs permettant d'expliquer ce décalage entre réalité théorique et expérimentale.

Pour aller plus loin :

- simulation (angle - intro) The University of Colorado
- [Diffusion de la lumière](#)

ANNEXE Produire un faisceau plan de lumière

Matériel :

- 1 tube en verre de 20 cm de long (sauf pour papier collé...)
- 1 morceau de carton d'environ 2 à 3 cm
- 1 cutter ou scalpel ou lame de rasoir...

Étape 1 :

- Découper un rond dans le carton de diamètre égal à celui du tube.



Étape 2 :

- Découper une fente la plus fine possible dans ce disque de carton sur presque toute la longueur d'un diamètre.
- Placer ce disque à l'intérieur du tube et le fixer. S'assurer qu'aucune lumière ne puisse passer par le bord du disque et du tube (le faire noir avec du papier noir).



Étape 3 : Facultative

- Peindre l'intérieur du tube (pas juste pour l'esthétique).



Étape 4 :

- Placer une lampe à incandescence ou tube de fluorescence qui peut ou pas de lumière n'est pas. La lampe d'un smartphone est une solution pratique et efficace.



ANNEXE Exploitation de la réflexion à travers un verre d'eau

Étape 1 :

- Tracer les 3 rayons.



Étape 2 :

- À l'aide d'un compas, tracer la bissectrice de l'angle formé par les rayons incidents et réfléchis. Pour cela, tracer le compas au point d'incidence, ouvrir le compas d'environ 1 cm et faire une marque sur les 2 rayons. De observer ensuite sur ce 2^e marque alternativement et tracer une nouvelle marque comme sur le schéma (sans changer l'ouverture du compas).



Étape 3 :

- Tracer la bissectrice et poursuivre la droite : c'est la normale, nommez la normale.



Étape 4 :

- Mesurer les angles à l'aide d'un rapporteur.



Retour d'expérience :

Les plus-value pédagogiques (enseignants/élèves) :

- Faire sortir la physique-chimie de la salle de TP : étude d'un phénomène naturel plus que d'un objet théorique d'enseignement
- Introduction à la médiation scientifique (présentation auprès des membres de sa famille)
- Travailler l'autonomie des élèves
- Entraînement des élèves à l'utilisation d'outils numériques, amélioration des compétences PIX

Les freins :

- Résultats parfois trop hétérogènes
- Investissement faible de quelques élèves qui ne se sentent pas concernés ou qui sont trop déstabilisés
- Difficultés pour suivre un protocole écrit en autonomie (malgré des photos d'illustration)
- Blocage avec le phénomène de réfraction

Les leviers :

- Prévoir une séance intermédiaire de questions/réponses, notamment pour expliquer le schéma du plan d'incidence.
- Imposer un planning stricte et faire comprendre que ses échéances sont du même ordre qu'un rendu de devoir
- Essayer de faire vivre l'entre-aide entre élèves, de jouer sur le côté ludique de l'expérience et la fierté d'avoir une jolie photo de son montage
- Illustrer le phénomène de réfraction en amont de la séquence

Les pistes pour aller plus loin ou généraliser la démarche :

- Remplacer les photos du protocole par des vidéos tutorielles
- Prévoir un canevas de compte-rendu numérique que l'élève n'a plus qu'à compléter.

Production d'élèves :

