

SUIS-JE AU POINT ?

Chapitre 1 : Lois de Snell-Descartes

- 💡 Une information utile, mais pas à mémoriser par cœur.
- ♥ Une définition/formule à connaître PAR CŒUR.
- ✍ Un savoir-faire à acquérir.
- TD Un exercice du TD pour s'entraîner.

1 Nature ondulatoire de la lumière

1.1 Historique

- 💡 À l'époque des lumières, une controverse s'installe entre le caractère supposé corpusculaire (Newton) ou ondulatoire (Huygens) de la lumière.
- 💡 Au XIX^{ème} siècle, les modèles ondulatoires de la lumière de Fresnel (pour la diffraction) et Young (pour les interférences) rencontrent un grand succès. La théorie de l'électromagnétisme fondée par Maxwell, puis les expériences de Hertz viennent confirmer le caractère ondulatoire de la lumière (il s'agit d'une onde électromagnétique).
- 💡 Au début du XX^{ème} siècle, Einstein propose un modèle corpusculaire de la lumière qui est validé expérimentalement par Compton. On parle désormais de **dualité onde/corpuscule** de la lumière.

1.2 Spectre des ondes électromagnétiques

- ♥ Connaître la relation entre l'énergie d'un photon et sa fréquence/longueur d'onde.
- ♥ Connaître la définition de l'électron-volt.
- ♥ Savoir positionner les différents domaines du spectre des ondes EM les uns par rapport aux autres, du plus énergétique au moins énergétique. Connaître les frontières du domaine visible (400 nm / ~ 750 nm).
- ♥ Citer un exemple de source de rayonnement EM dans chaque domaine.

2 Sources lumineuses

2.1 Sources thermiques - rayonnement

- 💡 Tout corps chaud émet un rayonnement électromagnétique dont le spectre est **continu** et dépend de la température du corps (notamment la longueur d'onde du maximum d'émission).
- 💡 Un corps à température ambiante rayonne principalement dans le domaine infrarouge (IR). À une température d'environ 5000 kelvin, le maximum d'émission est dans le visible, mais la majorité de l'énergie rayonnée se trouve dans l'UV et l'IR.

2.2 Lampe à décharge - émission spontanée

- 💡 La production de lumière par une lampe à décharge repose sur le phénomène de l'**émission spontanée**.
- 💡 Le spectre d'émission d'une lampe à décharge est **discret**. On parle de **spectre de raies**. Les longueurs d'onde des raies d'émission sont caractéristiques de la nature du gaz utilisé (hydrogène, sodium, mercure, cadmium, etc...)

2.3 Lasers - émission stimulée

- 💡 La production de lumière par un laser repose sur le phénomène de l'**émission stimulée**.
- 💡 Le spectre d'émission d'un laser est discret. Il peut être constitué d'une seule raie (laser monomode) ou de plusieurs (laser multimode) mais dans tous les cas, la largeur spectrale totale du laser est si faible (inférieure à environ 1 pm) qu'on l'assimile généralement à une source **monochromatique**.

2.4 Source ponctuelle monochromatique



Dans le domaine de l'optique géométrique, on peut décomposer une source lumineuse réelle en une infinité de sources ponctuelles indépendantes. On peut également considérer qu'un rayonnement lumineux réel (polychromatique) est la superposition d'une infinité de rayonnements monochromatiques. En utilisant le modèle de la source ponctuelle monochromatique, on simplifie donc l'analyse de la propagation des rayons lumineux à travers un système optique.

3 Optique géométrique

3.1 Milieu de propagation, indice optique (de réfraction)



Connaître la relation entre la célérité d'une onde dans un milieu matériel et l'indice de réfraction.



Définir ce qu'est un milieu homogène, transparent et isotrope (MHTI). Définir ce qu'est un milieu dispersif (voir poly).

3.2 Approximation de l'optique géométrique



Énoncer les conditions de l'optique géométrique.

3.3 Fondements de l'optique géométrique

3.3.1 Faisceau et rayon lumineux



Définir un rayon, un faisceau lumineux. Énoncer le principe d'indépendance des rayons lumineux.

3.3.2 Principe de Fermat



Énoncer le principe de Fermat et ses conséquences directes (propagation en ligne droite dans un MHTI, principe de retour inverse de la lumière, lois de Snell-Descartes).

4 Lois de Snell-Descartes

4.1 Vocabulaire



Connaître et savoir définir, en utilisant éventuellement une représentation schématique, les différents termes relatifs à la réflexion et la réfraction d'un rayon lumineux au niveau d'un dioptre.

4.2 Lois de la réflexion



Énoncer la loi de la réflexion (ne pas oublier de préciser que le rayon réfléchi se trouve dans le plan d'incidence). Représenter schématiquement la situation.

TD Réflexion lumineuse : exercices 2,4.

4.3 Lois de la réfraction



Énoncer la loi de la réfraction (ne pas oublier de préciser que le rayon réfracté, **s'il existe**, se trouve dans le plan d'incidence).



Démontrer, en s'appuyant sur la loi de la réfraction, qu'un rayon qui arrive sous incidence normale est **toujours réfracté, sans être dévié**.

TD exercices généraux sur la réfraction : exercices 1,5,7.

4.3.1 Angle de réfraction limite (cas " $n_2 > n_1$ ")



Démontrer, en s'appuyant sur la loi de la réfraction, que lorsqu'un rayon lumineux incident arrive à la frontière avec milieu **plus réfringent**, il est **toujours réfracté**, de telle sorte qu'**il se rapproche de la normale** ($r < i$). Représenter schématiquement la situation.



Démontrer que l'angle de réfraction est borné supérieurement. Donner l'expression de cette borne supérieure, appelée **angle de réfraction limite** I_{lim} .

TD réfraction limite : exercice 8.

4.3.2 Angle de réflexion totale (cas " $n_2 < n_1$ ")

-  Démontrer, en s'appuyant sur la loi de la réfraction, que lorsqu'un rayon lumineux incident arrive à la frontière avec milieu **moins réfringent**, il n'est réfracté qu'à condition que l'angle d'incidence soit suffisamment faible. Établir l'expression de l'angle d'incidence maximal permettant la réfraction, appelé **angle de réflexion totale** I_{tot} .
-  Démontrer que si le rayon est réfracté, il est dévié de telle sorte qu'il **s'éloigne de la normale** ($r > i$). Représenter schématiquement la situation.
-  Expliquer ce qui se passe lorsque l'angle d'incidence est strictement supérieur à I_{tot} . Représenter schématiquement la situation.
-  **Connaître par cœur la condition de réflexion totale ($n_2 < n_1$ et $i > I_{\text{tot}}$ ou encore $\sin i > \frac{n_2}{n_1}$).**
- TD réflexion totale : exercices 3,6,8,9.

5 Applications

5.1 Fibre optique à saut d'indice

-  Une fibre optique est un dispositif qui permet de **guider la lumière** pour permettre sa propagation entre deux points de l'espace et ainsi **transférer de l'information**. On cherche alors à minimiser l'atténuation et à maximiser le débit.
-  Décrire les éléments d'une fibre optique à saut d'indice (avec un schéma clair). Expliquer pourquoi elle permet de guider les rayons lumineux, et pourquoi elle permet d'obtenir des facteurs d'atténuation faibles.
-  Déterminer l'expression de l'angle d'ouverture du cône d'acceptance en fonction des indices du cœur et de la gaine.
-  Expliquer ce qu'est la dispersion intermodale. Déterminer l'expression de l'élargissement temporel Δt d'une impulsion lumineuse le long d'une fibre de longueur L . En déduire un ordre de grandeur du débit maximal de la fibre.

5.2 Propagation en milieu inhomogène

-  Dans un milieu inhomogène, la propagation de la lumière n'est pas rectiligne.
-  **Savoir qu'un rayon lumineux est toujours dévié vers les zones d'indice de réfraction plus élevé.**
-  Illustrer, sur un exemple de votre choix, en justifiant clairement le sens de la courbure, la propagation d'un rayon lumineux dans un milieu inhomogène (mirage, fibre optique à gradient d'indice).