

Chapitre 2

Lois de réflexion et de réfraction

Sidi M. Khefif

Département de Physique
EPST Tlemcen

20 janvier 2013

1. Rappels

1. Principe de propagation rectiligne

Dans un milieu transparent, isotrope et homogène, la lumière se propage en ligne droite.

2. Principe de retour inverse de la lumière

3. Principe d'indépendance des rayons lumineux

1. Rappels

1. Principe de propagation rectiligne

Dans un milieu transparent, isotrope et homogène, la lumière se propage en ligne droite.

2. Principe de retour inverse de la lumière

Si l'on inverse son sens de propagation, un rayon lumineux suit le même chemin.

3. Principe d'indépendance des rayons lumineux

1. Rappels

1. Principe de propagation rectiligne

Dans un milieu transparent, isotrope et homogène, la lumière se propage en ligne droite.

2. Principe de retour inverse de la lumière

Si l'on inverse son sens de propagation, un rayon lumineux suit le même chemin.

3. Principe d'indépendance des rayons lumineux

Aucune interaction n'existe entre deux rayons lumineux, un rayon ne peut pas dévier un autre.

1. Rappels

1. Principe de propagation rectiligne

Dans un milieu transparent, isotrope et homogène, la lumière se propage en ligne droite.

2. Principe de retour inverse de la lumière

Si l'on inverse son sens de propagation, un rayon lumineux suit le même chemin.

3. Principe d'indépendance des rayons lumineux

Aucune interaction n'existe entre deux rayons lumineux, un rayon ne peut pas dévier un autre.

Définition

Homogène : Les propriétés physiques sont les mêmes en tout point du milieu.

1. Rappels

1. Principe de propagation rectiligne

Dans un milieu transparent, isotrope et homogène, la lumière se propage en ligne droite.

2. Principe de retour inverse de la lumière

Si l'on inverse son sens de propagation, un rayon lumineux suit le même chemin.

3. Principe d'indépendance des rayons lumineux

Aucune interaction n'existe entre deux rayons lumineux, un rayon ne peut pas dévier un autre.

Définition

Homogène : Les propriétés physiques sont les mêmes en tout point du milieu.

Définition

Isotrope : Les propriétés physiques sont les mêmes dans toutes les directions.

2. Lois de réflexion et de réfraction

2.1. Réflexion

On parle de réflexion lorsqu'un rayon lumineux change brutalement de direction tout en restant dans le même milieu de propagation.

2. Lois de réflexion et de réfraction

2.1. Réflexion

On parle de réflexion lorsqu'un rayon lumineux change brutalement de direction tout en restant dans le même milieu de propagation. L'expérience montre les lois de réflexion suivantes :

2. Lois de réflexion et de réfraction

2.1. Réflexion

On parle de réflexion lorsqu'un rayon lumineux change brutalement de direction tout en restant dans le même milieu de propagation. L'expérience montre les lois de réflexion suivantes :

1. Le rayon incident, le rayon réfléchi et la normale à la surface sont dans le même plan appelé *plan d'incidence*.

2. Lois de réflexion et de réfraction

2.1. Réflexion

On parle de réflexion lorsqu'un rayon lumineux change brutalement de direction tout en restant dans le même milieu de propagation. L'expérience montre les lois de réflexion suivantes :

1. Le rayon incident, le rayon réfléchi et la normale à la surface sont dans le même plan appelé *plan d'incidence*.
2. Les angles d'incidence et de réflexion sont égaux

$$i_1 = i'_1$$

2. Lois de réflexion et de réfraction

2.1. Réflexion

On parle de réflexion lorsqu'un rayon lumineux change brutalement de direction tout en restant dans le même milieu de propagation. L'expérience montre les lois de réflexion suivantes :

1. Le rayon incident, le rayon réfléchi et la normale à la surface sont dans le même plan appelé *plan d'incidence*.
2. Les angles d'incidence et de réflexion sont égaux

$$i_1 = i'_1$$

Nota Bene : Le sens des angles est arbitraire, on choisit donc un sens positif et on s'y tient. Par contre, Les angles sont toujours orientés à partir de la normale.

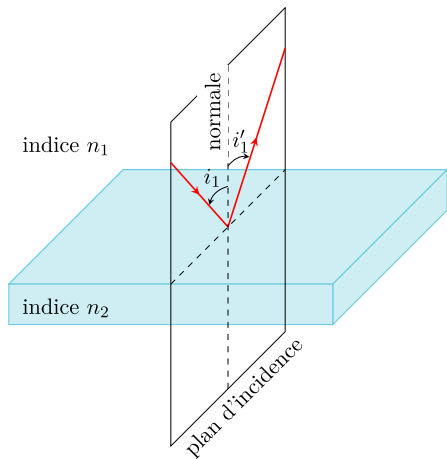


FIGURE : Réflexion (vitreuse)

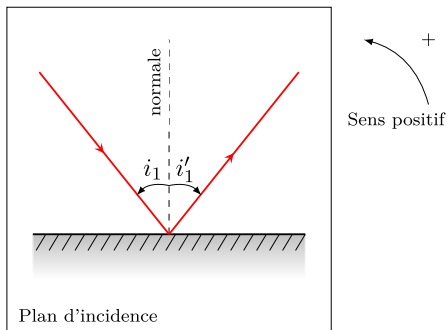


FIGURE : Réflexion (métallique)



FIGURE : Reflet d'un paysage sur un lac

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.2. Réfraction

On parle de réfraction lorsqu'il y a un changement de la direction de propagation de la lumière quand celle-ci traverse un *dioptre* et change donc de milieu transparent.

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.2. Réfraction

On parle de réfraction lorsqu'il y a un changement de la direction de propagation de la lumière quand celle-ci traverse un *dioptre* et change donc de milieu transparent.

Définition

Dioptre : surface de séparation entre deux milieux transparents.

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.2. Réfraction

On parle de réfraction lorsqu'il y a un changement de la direction de propagation de la lumière quand celle-ci traverse un *dioptre* et change donc de milieu transparent.

Définition

Dioptre : surface de séparation entre deux milieux transparents.

L'expérience montre que la réfraction obéit aux lois suivantes :

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.2. Réfraction

On parle de réfraction lorsqu'il y a un changement de la direction de propagation de la lumière quand celle-ci traverse un *dioptre* et change donc de milieu transparent.

Définition

Dioptre : surface de séparation entre deux milieux transparents.

L'expérience montre que la réfraction obéit aux lois suivantes :

1. Le rayon incident, le rayon réfracté et la normale à la surface sont dans le même plan d'incidence.

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.2. Réfraction

On parle de réfraction lorsqu'il y a un changement de la direction de propagation de la lumière quand celle-ci traverse un *dioptre* et change donc de milieu transparent.

Définition

Dioptre : surface de séparation entre deux milieux transparents.

L'expérience montre que la réfraction obéit aux lois suivantes :

1. Le rayon incident, le rayon réfracté et la normale à la surface sont dans le même plan d'incidence.
2. Les angles d'incidence i_1 et de réfraction i_2 sont liés par la loi de *Snell-Descartes* :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

où n_1 et n_2 sont les indices absolus de réfraction.

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.2. Réfraction

On parle de réfraction lorsqu'il y a un changement de la direction de propagation de la lumière quand celle-ci traverse un *dioptré* et change donc de milieu transparent.

Définition

Dioptré : surface de séparation entre deux milieux transparents.

L'expérience montre que la réfraction obéit aux lois suivantes :

1. Le rayon incident, le rayon réfracté et la normale à la surface sont dans le même plan d'incidence.
2. Les angles d'incidence i_1 et de réfraction i_2 sont liés par la loi de *Snell-Descartes* :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

où n_1 et n_2 sont les indices absolus de réfraction.

Nota Bene : Si $n_2 > n_1$, on dit que le milieu (2) est *plus réfringent* ; en passant du milieu (1) au milieu (2), la lumière s'approche alors de la normale.

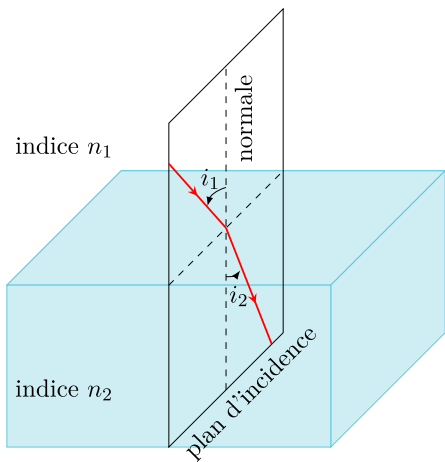


FIGURE : Passage du milieu n_1 au milieu $n_2 > n_1$

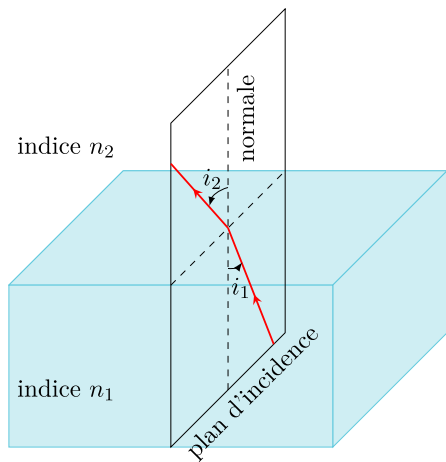


FIGURE : Passage du milieu n_1 au milieu $n_2 < n_1$



FIGURE : Double réfraction par l'eau et le verre

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.3. Discussion autour des lois de Snell-Descartes

- ▶ L'angle d'incidence i_1 peut prendre toutes les valeurs comprises entre 0° et 90° .

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.3. Discussion autour des lois de Snell-Descartes

- ▶ L'angle d'incidence i_1 peut prendre toutes les valeurs comprises entre 0° et 90° .
- ▶ La première loi nous permet de conclure de même pour l'angle de réflexion i'_1 .

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.3. Discussion autour des lois de Snell-Descartes

- ▶ L'angle d'incidence i_1 peut prendre toutes les valeurs comprises entre 0° et 90° .
- ▶ La première loi nous permet de conclure de même pour l'angle de réflexion i_1' .
- ▶ Les valeurs de l'angle réfracté i_2 sont liées à celles de i_1 et de $\frac{n_2}{n_1}$.

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.3. Discussion autour des lois de Snell-Descartes

- ▶ L'angle d'incidence i_1 peut prendre toutes les valeurs comprises entre 0° et 90° .
- ▶ La première loi nous permet de conclure de même pour l'angle de réflexion i_1' .
- ▶ Les valeurs de l'angle réfracté i_2 sont liées à celles de i_1 et de $\frac{n_2}{n_1}$.
 - ▶ Propagation vers un milieu *plus* réfringent : **réfraction limite**
Le rayon réfracté $i_2 < i_1$ existe et atteint une valeur *limite* donnée par $i_1 = 90^\circ$, *i.e.*, $\sin i_{2l} = \frac{n_1}{n_2}$. Dans ce cas, on parle de réfraction limite.

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.3. Discussion autour des lois de Snell-Descartes

- ▶ L'angle d'incidence i_1 peut prendre toutes les valeurs comprises entre 0° et 90° .
- ▶ La première loi nous permet de conclure de même pour l'angle de réflexion i_1' .
- ▶ Les valeurs de l'angle réfracté i_2 sont liées à celles de i_1 et de $\frac{n_2}{n_1}$.
 - ▶ Propagation vers un milieu *plus* réfringent : **réfraction limite**
Le rayon réfracté $i_2 < i_1$ existe et atteint une valeur *limite* donnée par $i_1 = 90^\circ$, *i.e.*, $\sin i_{2l} = \frac{n_1}{n_2}$. Dans ce cas, on parle de réfraction limite.
 - ▶ Propagation vers un milieu *moins* réfringent : **réflexion totale**
Le rayon réfracté $i_2 > i_1$ n'existe plus pour une incidence supérieure à une valeur limite fixée par $\sin i_{1l} = \frac{n_2}{n_1}$. Dans ce cas, on parle de réflexion totale.

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.3. Discussion autour des lois de Snell-Descartes

- ▶ L'angle d'incidence i_1 peut prendre toutes les valeurs comprises entre 0° et 90° .
- ▶ La première loi nous permet de conclure de même pour l'angle de réflexion i'_1 .
- ▶ Les valeurs de l'angle réfracté i_2 sont liées à celles de i_1 et de $\frac{n_2}{n_1}$.
 - ▶ Propagation vers un milieu *plus* réfringent : **réfraction limite**
Le rayon réfracté $i_2 < i_1$ existe et atteint une valeur *limite* donnée par $i_1 = 90^\circ$, *i.e.*, $\sin i_{2l} = \frac{n_1}{n_2}$. Dans ce cas, on parle de réfraction limite.
 - ▶ Propagation vers un milieu *moins* réfringent : **réflexion totale**
Le rayon réfracté $i_2 > i_1$ n'existe plus pour une incidence supérieure à une valeur limite fixée par $\sin i_{1l} = \frac{n_2}{n_1}$. Dans ce cas, on parle de réflexion totale.
- ▶ Si les angles sont faibles, $\sin \theta \sim \theta$, la loi de Snell-Descartes prend la forme approchée, dite loi de Kepler :

$$n_1 i_1 = n_2 i_2.$$

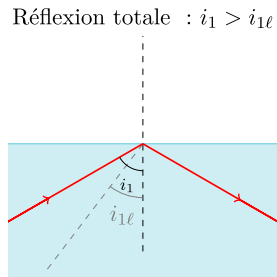
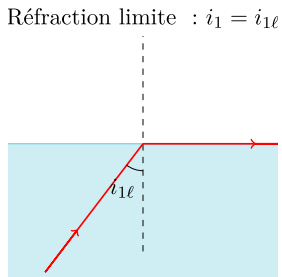
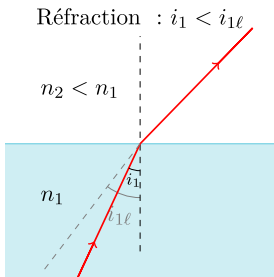


FIGURE : Réflexion totale

Démonstration sur PhET : Déviation de la lumière.

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.4. Application : Détecteur de pluie

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.4. Application : Détecteur de pluie



FIGURE : Détecteur de pluie
dans une voiture

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.4. Application : Détecteur de pluie



FIGURE : Détecteur de pluie dans une voiture

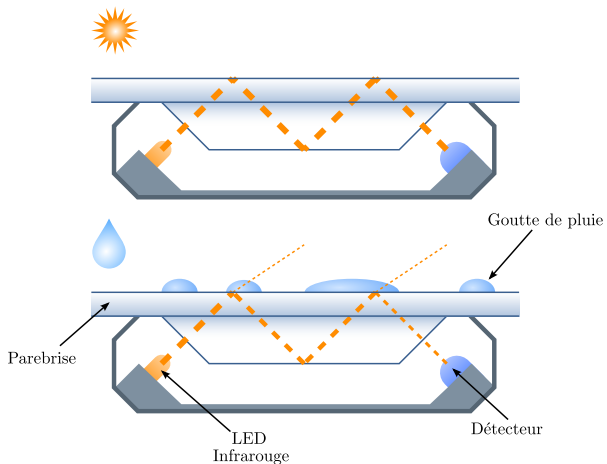


FIGURE : Fonctionnement d'un détecteur de pluie

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.5. Travaux dirigés

Exercice 1 :

Déterminer l'angle limite de la lumière dans le verre ($n_v = 1.50$), s'il est plongé dans l'air ($n_a \sim 1.00$) et s'il est plongé dans l'eau ($n_e = 1.33$).

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.5. Travaux dirigés

Exercice 1 :

Déterminer l'angle limite de la lumière dans le verre ($n_v = 1.50$), s'il est plongé dans l'air ($n_a \sim 1.00$) et s'il est plongé dans l'eau ($n_e = 1.33$).

Solution :

Si le verre est plongé dans l'air, l'angle limite est donné par la relation :

$$\sin i_{l(air)} = \frac{n_a}{n_v} = \frac{1.00}{1.50} = 0.667 \rightarrow i_{l(air)} = 41.8^\circ$$

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

2.5. Travaux dirigés

Exercice 1 :

Déterminer l'angle limite de la lumière dans le verre ($n_v = 1.50$), s'il est plongé dans l'air ($n_a \sim 1.00$) et s'il est plongé dans l'eau ($n_e = 1.33$).

Solution :

Si le verre est plongé dans l'air, l'angle limite est donné par la relation :

$$\sin i_{l(air)} = \frac{n_a}{n_v} = \frac{1.00}{1.50} = 0.667 \rightarrow i_{l(air)} = 41.8^\circ$$

Si le verre est plongé dans l'eau, l'angle limite est :

$$\sin i_{l(eau)} = \frac{n_e}{n_v} = \frac{1.33}{1.50} = 0.887 \rightarrow i_{l(eau)} = 62.5^\circ$$

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

Exercice 2 :

Le diamant a un indice $n_R = 2.435$ pour le rouge de longueur d'onde 486 nm et un indice $n_J = 2.417$ pour le jaune de longueur d'onde 589 nm. Un faisceau de lumière blanche tombe sur le diamant avec un angle d'incidence $i = 45^\circ$. Déterminer l'angle que le rayon rouge et le rayon jaune forment à l'intérieur du diamant.

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

Exercice 2 :

Le diamant a un indice $n_R = 2.435$ pour le rouge de longueur d'onde 486 nm et un indice $n_J = 2.417$ pour le jaune de longueur d'onde 589 nm. Un faisceau de lumière blanche tombe sur le diamant avec un angle d'incidence $i = 45^\circ$. Déterminer l'angle que le rayon rouge et le rayon jaune forment à l'intérieur du diamant.

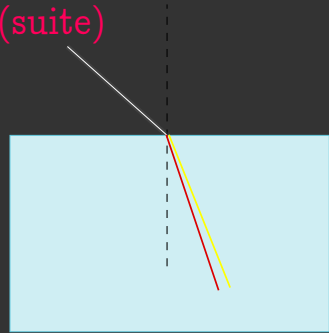


FIGURE : Dispersion

2. Lois de réflexion et de réfraction (suite)

Exercice 2 :

Le diamant a un indice $n_R = 2.435$ pour le rouge de longueur d'onde 486 nm et un indice $n_J = 2.417$ pour le jaune de longueur d'onde 589 nm. Un faisceau de lumière blanche tombe sur le diamant avec un angle d'incidence $i = 45^\circ$. Déterminer l'angle que le rayon rouge et le rayon jaune forment à l'intérieur du diamant.

Solution :

Les angles de réfraction du rayon rouge et du rayon jaune sont respectivement donnés par :

$$\sin r_R = \frac{\sin 45^\circ}{n_R} = 0.2904, \quad \sin r_J = \frac{\sin 45^\circ}{n_J} = 0.2926$$

d'où

$$r_R = 16.88^\circ \quad \text{et} \quad r_J = 17.01^\circ$$

L'angle formé par ces deux rayons est donc $17.01^\circ - 16.88^\circ = 0.13^\circ$.

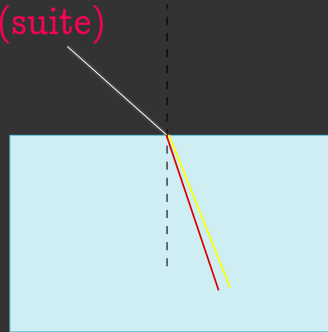


FIGURE : Dispersion